

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2010

Bc. Miroslav Jiříček

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Analýza provozní spolehlivosti a přesnosti obráběcích strojů
Vítkovice Heavy Machinery a.s. za rok 2008 a 2009

Operational Reliability and Accuracy Analysis of Machine
Tolls in Vítkovice Heavy Machinery a.s. in a Year 2008
and 2009

Student:	Bc. Miroslav Jiříček
Vedoucí diplomové práce:	Dr. Ing. Jaroslav Melecký

Ostrava 2010



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Analýza provozní spolehlivosti a přesnosti obráběcích strojů
Vítkovice Heavy Machinery a.s. za rok 2008 a 2009**

Operational Reliability and Accuracy Analysis of Machine Tools in Vítkovice Heavy Machinery a.s.

Student: Bc. Miroslav Jiříček
Studijní obor: 3909T001-00 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 3909T001-72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Pracoviště: Katedra výrobních strojů a konstruování – 340

Zásady pro zpracování:

1. Na základě získaných dat zpracujte analýzu provozní spolehlivosti a přesnosti obráběcích strojů firmy Vítkovice Heavy Machinery a.s. za rok 2008 a 2009.
2. V rámci zadání zpracujte:
 - analýzu dané problematiky
 - metodiku posuzování spolehlivosti a přesnosti
 - zpracování a vyhodnocení naměřených dat
 - navrhněte opatření ke zlepšení stávajícího stavu.
3. Bližší specifikaci nutných technických údajů provede firma Vítkovice Heavy Machinery a.s.

Pokyny pro zpracování:

Rozsah práce: min. 40 stran textu mimo přílohy

Seznam doporučené literatury:

KREIDL, M. A KOL. *Diagnosticke systémy*. ČVUT v Praze, 2001. 352 s. ISBN 80-01-022349-4.

SINAY, J. A KOL. *Rizika technických zariadení – manažerství rizika*. TU Košice, 1997. 212 s. ISBN 80-967783-0-7.

HAVLÍČEK J. A KOL. *Provozní spolehlivost strojů (2. přepracované vydání)*. Praha, SZN 1989. 616 s. ISBN 80-209-0029-2.

ZIEGLER, J., HELEBRANT, F. *Technická diagnostika výrobních zařízení*. VŠB Ostrava, 1992. 175 s. ISBN 80-7078-111-4.

Vedoucí diplomové práce:

Dr. Ing. Jaroslav Melecký

Konzultant:

doc. Ing. František Helebrant, CSc.

Datum zadání diplomové práce:

20. října 2009

Akademický rok:

2009/2010

L. S.



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan

V Ostravě dne 20. října 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 2.5.2010

.....
Podpis student

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 2.5.2010

.....
Podpis studenta

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bc. Miroslav Jiříček
Pod Hůrkou 434
753 01 Hranice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

JIRÍČEK M., *Analýza provozní spolehlivosti a přesnosti obráběcích strojů Vítkovice Heavy Machinery a.s. za rok 2008 a 2009*: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2009, 58s. Diplomová práce, vedoucí: Dr. Ing. Jaroslav Melecký

Diplomová práce se zabývá vyhodnocováním přesnosti a spolehlivosti u CNC stroje společnosti Vítkovice Heavy Machinery a.s. V úvodu jsou zmíněny metody diagnostiky používané pro určení stavu a přesnosti CNC. Jsou zde popsány měřené veličiny, principy přístrojů a měření s nimi.

Zaměřil jsem se na určení přesnosti vodorovné vyvrtávačky typu W200HB NC Škoda dle norem řady ISO 230. Na základě praktických měření jsem stanovil závěry k jednotlivým měřením a uvedl provedené úkony a opravy. Výsledky měření jsou uvedeny v příloze.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

JIRÍČEK M., *Operational Reliability and Accuracy Analysis of Machine Tools in Vítkovice Heavy Machinery a.s. in a Year 2008 and 2009*: master thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of production machine and designed, 2009, 58s. Thesis head: Dr. Ing. Jaroslav Melecký

The presented thesis deals with the evaluation of accuracy and operational reliability on CNC machines in Vítkovice Heavy Machinery a.s. There are mentioned diagnostics methods for evaluation of state and accuracy of CNC at the beginning of the master thesis. Particular attention is devoted to the description of measurand, the principles of equipment and the measurement.

The thesis is focused on determining the accuracy of the horizontal boring W200HB NC according to ISO 230. The conclusions of the individual measurements are set on the basis of the practical measurements, and the operations are introduced. Results are listed in the annex.

Obsah

1	Úvod	11
2	Historie	12
2.1	Historie určování přesnosti obráběcích strojů	12
2.2	Historie číslicově řízených strojů	13
2.3	Vývojové stupně číslicově řízených strojů	13
3	Přesnost CNC strojů	14
3.1	Úvod	14
3.2	Vlivy působící na přesnost CNC strojů	15
4	ISO normy	15
4.1	Část 1 <i>Geometrická přesnost strojů pracujících bez zatížení nebo dokončovacích pomínek obrábění</i>	15
4.2	Část 2 <i>Stanovení přesnosti a opakovatelnosti nastavení polohy v osách číslicově řízených obráběcích strojů</i>	16
4.3	Část 3 <i>Vyhodnocení tepelných vlivů</i>	16
4.4	Část 4 <i>Zkoušky kruhové interpolace</i>	16
4.5	Část 5 <i>Určení emise hluku</i>	17
4.6	Část 6 <i>Zkouška diagonálního přestavení</i>	17
4.7	Část 7 <i>Geometrická přesnost osy otáčení</i>	17
4.8	Část 8 <i>Určení hodnot vibrací</i>	18
4.9	Část 9 <i>Odhad nejistoty měření na obráběcích strojích dle norem ISO 230</i>	18
4.10	Část 10 <i>Stanovení výkonnosti odměřování pomocí dotykových sond</i>	18
4.11	Část 11 <i>Měřicí přístroje a jejich aplikace na měření geometrie obráběcích nástrojů</i>	19
5	Klasické měření geometrie - Schlesinger	19
6	Laserový systém Renishaw ML10 Gold Standard	19
6.1	Úvod	19
6.2	Princip	20
6.3	Sestava systému ML10 Gold Standard	21
6.3.1	Laserová hlavice ML10	22
6.3.2	Kompenzační jednotka EC10	23
6.3.3	Optika	24
6.3.4	Hardware	25
6.3.5	Vyhodnocovací software ML10	25
7	Kruhová interpolace	26
7.1	Základní pojmy a definice	26
7.1.1	Jmenovitá dráha	26
7.1.2	Skutečná dráha	26
7.1.3	Kruhová hystereze H	26
7.1.4	Úchylka kruhovitosti G	26
7.1.5	Radiální úchylka F	27
7.2	Systém QC10 Ballbar	27
7.2.1	Prvky systému QC10	29
7.2.3	Chyby identifikované dynamickým měřením – vyhodnocování testů	32
7.3	Mřížkové snímače Heidenhain KGM 181 (182)	41
7.3.1	Způsob měření a vyhodnocení signálů	42
8	Další diagnostické metody	43

8.1 Vibrodiagnostika	43
8.1.1 Frekvenční analýza pomocí FFT	44
8.1.2 Kepstrální analýza	44
8.1.3 Modální analýza	45
8.1.4 Orbitální analýza	45
8.2 Tribodiagnostika	45
8.2.1 TD opotřebení strojních systémů	46
8.2.2 TD degradace maziva	46
8.3 Termodiagnostika	48
8.3.1 Kontaktní metody termodiagnostiky	48
8.3.2 Bezkontaktní metody termodiagnostiky	49
8.4 Parametrické metody a preventivní prohlídky	50
9 Informační technologie v údržbě	50
9.1 Použití IT ve Vítkovice Heavy Machinery a.s.	51
10 Kontrola přesnosti vyvrtávačky W200HB NC	54
10.1 Popis stroje	54
10.2 Měření systémem ML 10 Gold Standard	55
10.2.1 Měření nastavení přesnosti polohy	55
10.2.2 Měření přímosti pohybu	56
10.3 Měření systémem QC 10	56
10.3.1 Hodnocení kruhovitosti	56
10.3.2 Hodnocení kruhové hystereze	57
10.3.2 Hodnocení radiální úchylky	57
11 Vyhodnocení a doporučení	57
11.1 Technické zhodnocení	57
11.2 Hodnocení spolehlivosti	58
11.3 Ekonomické zhodnocení	58
12 Závěr	59
13 Použité zdroje a literatura	60
14 Seznam příloh	61

Seznam použitých zkratk a symbolů:**Název: Význam:****Jednotka:**

CIM	(Computer Integrated Manufacturing) - počítačem integrovaný výrobní systém
CAM	(Computer Aided Manufacturing) - systém počítačové podpory výroby, který zahrnoval přímé řízení NC techniky, robotů, mezioperační dopravu materiálu, polotovarů i výrobků a nástrojů
CAD	(Computer Aided Design) - počítačová podpora procesu konstruování;
NC	(Numerical Control) - číslíkové řízení operací obrábění (přímé vkládání číslíkových údajů)
CNC	(Computer Numerical Control) - počítačem řízený NC stroj
DNC	(Direct Numerical Control) - centrálním počítačem řízená a kontrolovaná síť NC strojů
ISO	(International Organization for Standardization) – mezinárodní organizace pro standardizaci
LASER	(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) - zesilování světla stimulovanou emisí záření
QC10	Quick Check 10 Ballbar – měření kruhové interpolace firmy Renishaw
HeNe	Helium-neonový (laser)
VHM	Vítkovice Heavy Machinery
KGM	Mřížkové snímače firmy Heidenhain
FFT	Fast Fourier Transform - Rychlá Fourierova transformace
TD	Tribodiagnostika
IS	Informační systém
ERP	Enterprise Resource Planning - IS který integruje a automatizuje velké množství procesů souvisejících s produkčními činnostmi podniku
OP	Opakovatelnost polohy
SN	Serial number – sériové číslo
PS	Provozní spolehlivost

1 Úvod

Jako téma své diplomové práce jsem si vybral **analýzu provozní spolehlivosti a přesnosti obráběcích strojů v Heavy Machinery a.s.** Tímto bych rád poskytl náhled na danou problematiku.

V dnešní době jsme svědky značného nárůstu požadavků na zvyšující se přesnost obráběcích strojů. Je také vyvíjen vysoký tlak na zvyšování dynamických parametrů strojů, při zachování vysoké přesnosti a jakosti výsledného výrobku (výrobní přesnosti). Není tedy pochyb, že vývoj obráběcích strojů přímo ovlivňuje vývoj v oblasti měřicí techniky a měřících metod.

Stále se zvyšující nároky na bezporuchový chod strojů a snaha o co nejmenší nevýrobní náklady, tzn. náklady na údržbu, vede k zavádění technické diagnostiky strojů, moderních metod jak v konstrukci strojů, tak i údržbě strojního zařízení.

Akciová společnost VHM využívá maxima prostředků, aby bylo docíleno co největší provozní spolehlivosti a pracovní přesnosti. Zaměřuje se zejména na systémy pro měření geometrické přesnosti strojů.

V této práci chci zúročit své teoretické vědomosti, které jsem nabyl na Vysoké škole báňské a dále použít veškeré dostupné informace, při snaze ukázat podstatu a měření a kontrol CNC strojů v Heavy Machinery Vítkovice .

Teoretická část mé práce se zabývá rozbořem metod a systémů pro určování přesnosti strojů. Převážně se jedná o systémy firmy Renishaw. Dále poukazuji na pozitivní přínos zavedení informačních technologií do společnosti.

Druhá část je věnována praktické aplikaci metod teoretické části na vodorovné vyvrtávače W200HB NC. Jedná se především o optimalizaci pracovní přesnosti a výkonnosti stroje.

V závěru se věnuji technickému a ekonomickému hodnocení aplikace metod na daném stroji. Taktéž se zabývám hodnocením provozní spolehlivosti vyvrtávačky.

Vítkovice **Machinery Group** je nejvýznamnější českou strojírenskou skupinou se silnou pozicí ve vybraných segmentech strojírenské produkce a v oblasti dodávek velkých investičních celků. Zahrnuje okolo třicítky firem. Skupina disponuje moderní, rozsáhlou a unikátní výrobní základnou a know-how založeným na výzkumu a vývoji. V prosinci 2008 oslavila značka VÍTKOVICE své 180. narozeniny [9].

Vítkovice **Heavy Machinery** je významná strojírenská společnost s vlastní výrobou oceli, která se zaměřuje na dodávky zejména v oblasti těžkých ocelových odlitků, opracovaných výkovků, zalomených hřídelí, lodních dílů, výrobků pro energetiku, zařízení oceláren a válcoven, tvářecích zařízení [9].

2 Historie

2.1 Historie určování přesnosti obráběcích strojů

První pokusy o vypracování a zveřejnění přejímacích podmínek pro přesnost obráběcích strojů byly učiněny mezi lety **1900 – 1907** britskými a americkými výrobci. Tyto podmínky sloužily spíše pro komerční účely, obsahovaly pouze záznamy hodnot přesnosti, kterých bylo dosaženo při výrobě.

Roku 1901 byl v Berlíně požádán vedoucí inženýr firmy Ludw. Loewe Comp. Pan **dr. G. Schlesinger**, aby vypracoval předpisy pro přesnost jednotlivých druhů strojů. Tyto materiály měli sloužit pouze interně. K roku 1903 již existovaly firemní předpisy pro 40 druhů obráběcích strojů. V letech 1909 – 1931 byl dr. Schlesinger vedoucím komise v německém spolku výrobců obráběcích strojů.

Před první světovou válkou si ruská vláda objednala velké množství obráběcích strojů v Německu. Později došlo k neshodám ohledně přejímacích podmínek a deklarované příliš velké přesnosti. Tyto podmínky a požadavky byly povětšinou nepřijatelné pro příliš úzké tolerance. To vedlo k prodražování a prodlužování výroby.

Vše vyústilo k četným arbitrážním sporům, kde byl určen hlavním rozhodčím dr. Schlesinger. Nakonec se obě strany se dohodly, aby dr. Schlesinger vypracoval všeobecně platné předpisy pro přesnost obráběcích strojů.

V září roku 1927 bylo zveřejněno první vydání Schlesingerových předpisů pro přesnost obráběcích strojů, jež byly přijaty oběma stranami.

Za dalšího průkopníka je považován francouzský vládní inspektor pro obráběcí stroje **P. Salmon**. Ten však na problematiku nahlížel jinak, neřešil přesnost stroje, ale přesnost obrobků.

Oba pánové se také konfrontovali při několika mezinárodních komisích. Z dnešního pohledu jsou předpisy a normy výše uvedených pánů nepřipustné, avšak nelze jim upřít velkou zásluhu na zdokonalení a zpřesnění světové strojírenské výroby [5].

2.2 Historie číslicově řízených strojů

Počátkem padesátých let minulého století vznikly v Americe první NC stroje. Za vynálezce je považován **John T. Parsons**. První CNC stroje byli poprvé vyrobeny v MIT (Massachusettský technologický institut) v roce 1952. Od roku 1966 začali postupně světoví výrobci přecházet na systémy třetí generace, CNC systémy.

2.3 Vývojové stupně číslicově řízených strojů

V minulosti můžeme rozeznat určité vývojové etapy. V podstatě lze vývoj NC strojů rozdělit do šesti vývojových stupňů [11].

NC stroje 1. generace

Jedná se o stroje s nejjednodušší koncepcí, která vychází ze strojů s konveční koncepcí. Tyto stroje jsou upraveny a je k nim přidělen číslicově řídicí systém. Tato generace umožňovala řízení v pravoúhlých cyklech. Dnes je uvedená koncepce nevyhovující, a to z důvodu nepřesnosti výroby, nízké spolehlivosti a technologických možností.

NC stroje 2. generace

Zmiňovaná generace strojů je již přizpůsobena požadavkům číslicového řízení. Stroje jsou vybaveny servosystémy a revolverovými hlavami nástrojů. To umožňuje řízení v obecných cyklech s využitím více nástrojů.

NC stroje 3. generace

Konstrukce strojů třetí generace bývá podřízena k použití ve výrobních soustavách. Funkce jsou řízeny od vstupů výrobků a výrobních pomůcek až po jejich výstup z výrobní soustavy. Jednotlivé operace jsou rozděleny mezi technologická pracoviště.

NC stroje 4. generace

Stroje čtvrté generace měly již vyřešeno napojení na automatickou výměnu opotřebovaných řezných nástrojů ze zásobníků. Můžeme zde tedy hovořit o plně automatizovaných technologických pracovištích, s možností „samostatně“ pracovat ve třísměnném provozu.

NC stroje 5. generace

U strojů páté generace byly do konstrukcí postupně aplikovány mechatronické prvky, které umožňují např. elektronickou kompenzaci chyb polohování nebo měření rozměrů obrobků mezi obráběcími operacemi (improcesní kontrola). Prostřednictvím měřicích sond jsou kvantifikovány hodnoty nezbytných korekcí (odchylek od požadované hodnoty např. stanovené technickým výkresem), které jsou interaktivně aplikovány při probíhajícímu procesu obrábění. V této generaci strojů se rovněž můžeme setkat s laserovým odměřováním polohy a optimalizací řezných podmínek.

NC stroje 6. generace

Stroje zatím poslední, šesté vývojové generace, mají konstrukci založenou na požadavcích minimalizace časů výměn obrobků a nástrojů, na suchém víceosém a vysokorychlostním obrábění, na dálkové diagnostice, na ultrapřesném obrábění (desetiny mikrometru) a na koncepcích pro obrábění konkrétních typů součástí (stroje na zakázku).

3 Přesnost CNC strojů

3.1 Úvod

Společnost Vítkovice se potřebuje na svůj strojní park spolehnout, požaduje stabilitu parametrů a dlouhodobý bezporuchový provoz. Výrobci CNC strojů tomu věnují náležitou pozornost a snaží se dosáhnout maximální spolehlivosti jednotlivých uzlů a seřízení přesnosti stroje. Stroje jsou precizně mechanicky sestavovány a doladovány pomocí zavedení elektronických kompenzací, jako jsou například nelineární kompenzace chyby polohování, kompenzace vlivu tření, mrtvého bodu chodu, atd.

3.2 Vlivy působící na přesnost CNC strojů

- stroj: kvalita zpracování funkčních částí (tuhost dílčí i celková), opotřebení
- ustavování: dílčí i celkové montáže zařízení, vymezení vůlí
- řízení: chyba paměti, studený spoj, výpadek dílce
- měřicí systémy: znečištění, neseřízení, teplotní vlivy
- pohony: přetížení, elektrické chyby
- převody: kinematické chyby
- nástroj: opotřebení, celková geometrie, lom
- obrobek: materiál, složitost, přídavek
- člověk: strategie obrábění, chybné zadání požadavků, chyba měření
- okolí: vliv teploty, vibrace okolních strojů, okolní kmity, rušivá el. pole

Z výše uvedeného přehledu je patrné, že chyby vznikají na straně **elektrických zařízení** (řízení, pohony, odměřování, regulace, atd.), dále **na mechanických složkách** (opotřebení, únava materiálu, atd.) a v neposlední řadě je generátorem chyb **člověk**.

4 ISO normy

Mezinárodní norma **ISO 230** má několik částí, které jsou zaměřeny na konkrétní zkoušky obráběcích strojů. Jednotlivé části mají společný titul „Zásady zkoušek obráběcích strojů“. Níže se zaměřuji na nejdůležitější části normy, které mají vliv na přesnost a spolehlivost obráběcích strojů.

4.1 Část 1

Geometrická přesnost strojů pracujících bez zatížení nebo za dokončovacích podmínek obrábění

Norma se zabývá geometrickými zkouškami, zkouškami obráběním a speciálními měřeními. Vztahuje se na zkoušky přesnosti a nezabývá se ani funkčními zkouškami stroje (vibrace, trhavé pohyby částí atd.), ani zjišťováním charakteristických parametrů (otáčky, posuvy), neboť tyto zkoušky mají být obvykle provedeny před zkouškami přesnosti [6].

4.2 Část 2

Stanovení přesnosti a opakovatelnosti nastavení polohy v osách číslicově řízených obráběcích strojů

Účelem této části normy je poskytnout úplné informace o způsobu a metodě měření a vyhodnocení výsledků. Obráběcí stroj se měří pomocí laserinterferometru doplněného optickými prvky pro návrat paprsku do laserové hlavičky. Všechny obráběcí stroje s řídicími systémy jsou vybaveny prostředky pro kompenzaci chyby polohování jednotlivých os. Pro zlepšení přesnosti provádíme:

- kompenzace odchylek od nominální rozteče stoupání kuličkového šroubu
- kompenzace odchylek odměřovacích pravítek
- kompenzace geometrických úchylek tvaru dráhy (přímost pohybu, kolmost jednotlivých os) [6]

4.3 Část 3

Vyhodnocení tepelných vlivů

Třetí část normy specifikuje postupy pro určení tepelných vlivů způsobených různými tepelnými zdroji. V zásadě popisuje tři části zkoušení strojů:

- zkoušku pro určení chyby vzniklé v důsledku kolísání teploty okolí
- zkoušku tepelných deformací způsobených otáčením vřetena
- zkoušku tepelných deformací způsobených pohybem v lineárních osách

Metodika ve zmiňované normě však určuje pouze důsledek tepelného chování stroje, tzn. změnu polohy nástroje a obrobku. Dnešní měřicí technika umožňuje bezdotykové měření teplot a deformací a měřicí technik je schopen analyzovat stroj jako celek nebo pouze jeho vybrané části [6].

4.4 Část 4

Zkoušky kruhové interpolace

ISO 230-4 specifikuje metody zkoušek a vyhodnocení kruhové hystereze, úchylky kruhovitosti a radiální úchylky kruhové dráhy, která je tvořena současným pohybem ve dvou lineárních osách[6].

4.5 Část 5

Určení emise hluku

Tato část ISO 230 specifikuje metody pro měření hluku pevně umístěných na podlahu montovaných obráběcích a tvářecích strojů a souvisejících pomocných zařízení přímo v dílně. Účelem měření je zjistit údaje o emisi hluku obráběcích a tvářecích strojů. Zejména měření hladin emisního akustického tlaku v místech obsluhy a v jiných stanovených místech, dále pak uvádí postup výpočtu hladiny akustického výkonu vyzařovaného obráběcím strojem. Zjištěné údaje mohou být použity pro účely deklarace a ověření emise hluku obráběcích a tvářecích strojů šířeného vzduchem, jak je specifikováno v ISO 4871 a také pro porovnání vlastností různých strojů nebo zařízení téže skupiny ve stanovených podmínkách prostředí při normalizovaných podmínkách montáže a pracovních podmínkách. Jsou uvedeny všeobecné podmínky pro instalaci a pracovní podmínky zkoušeného stroje a pro volbu poloh mikrofону v místě obsluhy a v dalších stanovených místech [6].

4.6 Část 6

Zkouška diagonálního přestavení

Šestá část normy popisuje zkoušky diagonálního přestavení, které umožní odhadnutí volumetrických vlastností obráběcího stroje. Úplné odhadnutí těchto vlastností je časově velmi náročné. Zkouška diagonálního přestavení redukuje čas a vynaložené peníze na minimum. Nejedná se o zkoušku diagnostickou, avšak z výsledků můžeme vyvodit závěry diagnostického charakteru. Zejména jsou-li zahrnuty zkoušky na diagonálách stěn je možné přímé měření kolmosti os. Zkoušky diagonálního přestavení na diagonálách tělesa mohou být doplněny zkouškami na diagonálách stěn, zkouškami na přímkách rovnoběžných se souřadnými osami podle ISO 230-2, nebo vyhodnocením kruhových interpolací ve třech souřadných rovinách, jak je stanoveno v ISO 230-4 [6].

4.7 Část 7

Geometrická přesnost osy otáčení

Norma je zaměřena na standardizaci postupů měření geometrické přesnosti osy otáčení. Týká se zejména vřeten, rotačních hlav otočných stolů atd. [6].

4.8 Část 8

Určení hodnot vibrací

Tato část normy popisuje metodiku měření vibrací a stanovení nominálních hodnot jednotlivých obráběcích strojů. Měřením provozních tvarů kmitů zjišťujeme dynamické chování stroje za působení obecných sil vznikajících za provozu. Tyto kmity mají nepříznivý vliv na přesnost a jakost obrobku. Vlastní měření na obráběcím stroji se provádí snímáním dvěma akcelerometry. Jedním referenčním a druhým pohyblivým, který zjišťuje odchylku kmitání jednotlivých bodů. Základní postupy měření jsou zde popsány, včetně vyhodnocení problémových typů vibrací. Výsledkem analýzy je síťový model s vyznačením směrů a mohutností kmitání.

Norma je zaměřena více na použití v praxi, tzn. hlavně na uživatele stroje. Slouží k pochopení příčin kmitání. V žádném případě nemůže zastínit odborné texty a literaturu zabývající se touto problematikou.

ISO/TR 230-8 se zabývá:

- vibracemi vzniklých v důsledku mechanické nevyváženosti
- vibracemi, které vznikají při pojezdech
- vibracemi přenášenými na stroj z vnějšího buzení
- vibracemi vniklými při obrábění (řezu), zahrnuje i samobuzené vibrace
- dále se uvažuje o použití uměle vyvolaných vibrací pro účely strukturální analýzy [7]

4.9 Část 9

Odhad nejistoty měření na obráběcích stroji dle norem ISO 230

ISO/TR 230-9:2005 podává informace a základní rovnice pro výpočet nejistoty měření na obráběcích strojích provedených dle norem řady ISO 230 [7].

4.10 Část 10

Stanovení výkonnosti odměřování pomocí dotykových sond

Na normě ISO/DIS 230-10 se stále pracuje, ke zveřejnění by mělo dojít v příštím roce [7].

4.11 Část 11

Měřicí přístroje a jejich aplikace na měření geometrie obráběcích nástrojů

Norma ISO/WD TR 230-11 je zatím stále ve vývoji, nicméně by měla být zveřejněna již tento rok [7].

5 Klasické měření geometrie - Schlesinger

Jde o měření pomocí přesných trnů, úhelníků a úchylkoměrů, případně o obrobení zkušebního kusu, který je následně proměřován. Tyto testy mají své nesporné místo v technické praxi, ale v některých situacích nemají schopnost odhalit příčinu potíží, protože jsou prováděny staticky (testy geometrie) nebo proto, že zahrnují i vliv nástroje a obsluhy (obrobení zkušebního kusu). Tyto testy také přestávají vyhovovat pro preventivní sledování přesnosti kvůli své časové či materiálové náročnosti.

6 Laserový systém Renishaw ML10 Gold Standard

6.1 Úvod

Renishaw ML10 slouží k měření přímosti, přímočarosti, rovinnosti, kolmosti, polohování, opakovatelnosti. Popisované převážně normami ISO 230- 1 a 2.

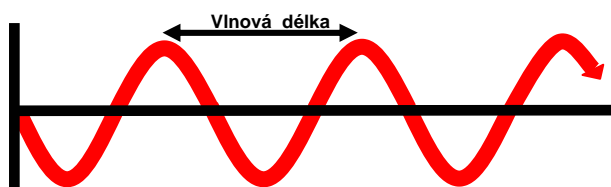
Laser je optický zdroj elektromagnetického záření tj. světla v širším smyslu. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku. Na rozdíl od světla přirozených zdrojů je koherentní a monochromatické. Princip laseru využívá zákonů kvantové mechaniky a termodynamiky.

Poprvé byl kalibrační systém ML10 uveden na trh v roce 1987 Systém ML10 Gold Standard byl představen roku 2001, v současnosti je to nejrozšířenější a nejprodávanější kalibrační systém na trhu [8].

6.2 Princip

Laserový interferometr firmy Renishaw využívá vysoce stabilní vlnovou délku laserového světla. Interferometr je zkonstruován na principu Michelsonova interferometru s využitím paprsku HeNe laseru. Světelný svazek vystupující z laseru si můžeme představit jako světelnou vlnu se sinusovým průběhem. Vlnová délka světla použitého v laserovém systému ML10 Gold Standard je vysoce stabilizovaná, kalibrovaná a má 633 nanometrů.

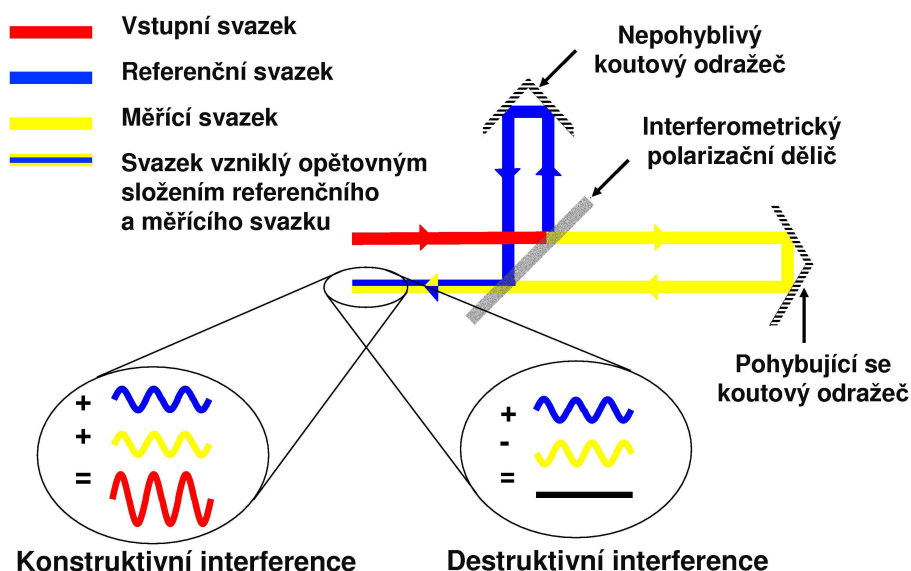
Paprsek putuje z hlavice do děliče, kde se dělí na z poloviny postříbřeném polopropustném zrcátku. Polovina paprsku (referenční) se odráží o 90° do pevného koutového odražeče a druhá polovina (měřicí svazek) je propuštěna a pokračuje k pohyblivému koutovému odražeči, odkud se odráží zpět do děliče, kde se opět setká s referenčním paprskem. Odtud putují do detektoru, který vyhodnotí změnu délky optické dráhy - vzájemnou interferenci paprsků – počet proužků na interferogramu [8].



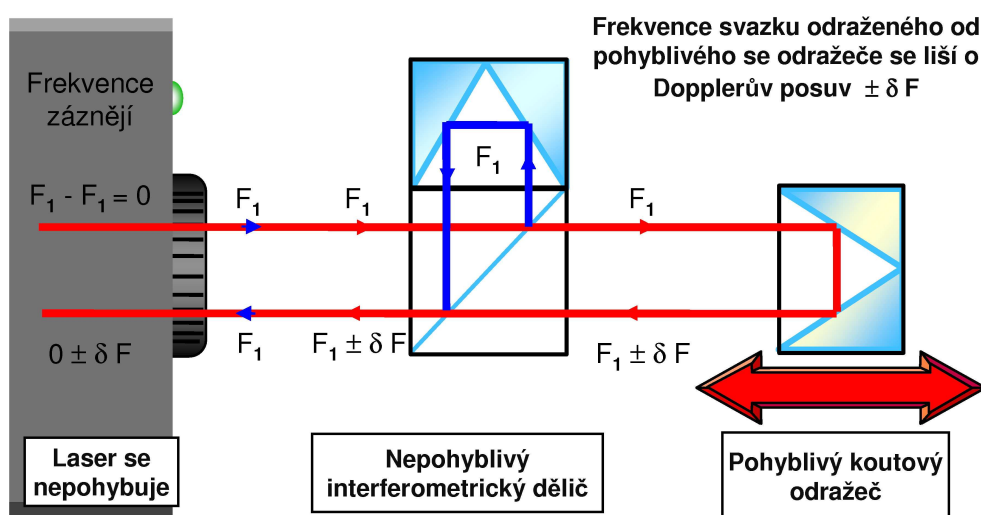
Obr. 6.1 Vlnová délka vystupující z laseru

Světelná vlna vystupující z laseru má tři základní vlastnosti:

- vlnová délka záření je přesně známá a dovoluje provádět přesná měření
- vlnová délka je velmi malá a umožňuje měřit s vysokým rozlišením
- všechny světelné vlny mají stejnou fázi a umožňují vznik interference



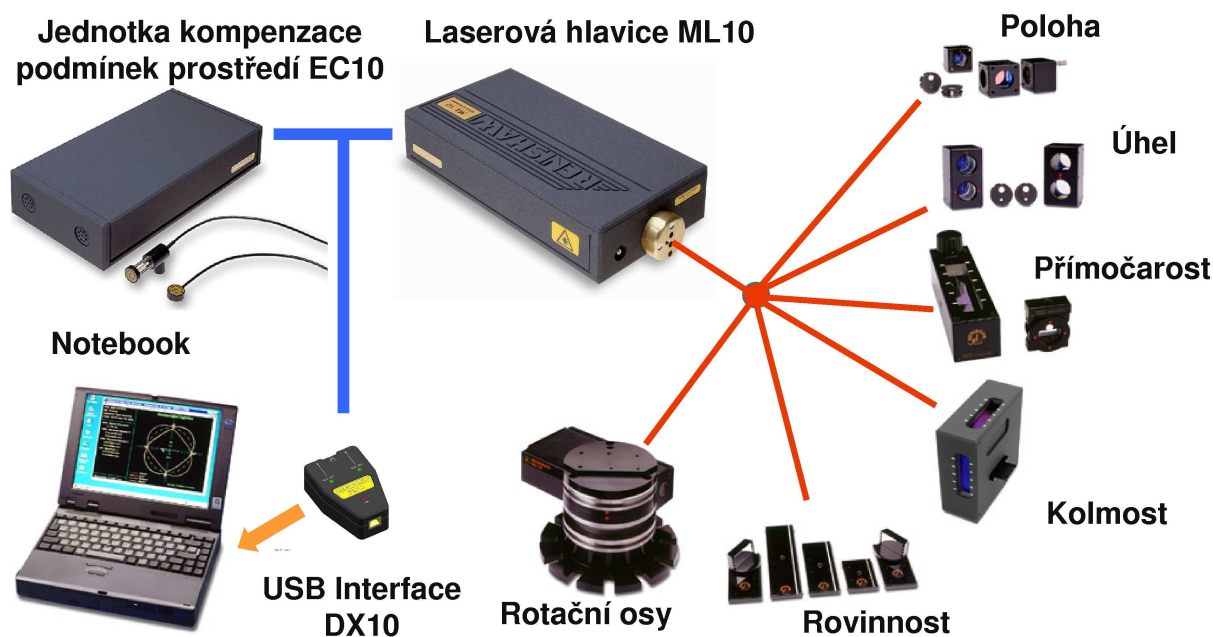
Obr. 6.2 Princip interferometru - interference světla [8]



Obr 6.3 Princip interferometru ML10 Gold Standard [8]

6.3 Sestava systému ML10 Gold Standard

Na obr. 6.4 jsou zobrazeny prvky systému ML10 Gold Standard. Dále se zabývám popisem jednotlivých komponent a jejich parametrů.



Obr. 6.4 Základní propojení jednotlivých komponent systému ML 10 GS [8]

6.3.1 Laserová hlavice ML10

Laserová hlavice tvoří základ celého měřicího zařízení. Skládá se z výše uvedeného HeNe laseru, elektroniky ke stabilizaci výstupního laserového paprsku. Dále elektroniky která přijímá a poté vypočítává interferenční proužky vygenerované měřicí optikou [8].

Přesnost kmitočtu	$\pm 0,05$ ppm ($\mu\text{m}/\text{m}$)
Přesnost lineárního měření	$\pm 0,7$ ppm (v celém teplotním rozsahu)
Rozsah rozlišení	0 až 40m (standard) 0 až 80m (varianta s delším rozsahem)
Rozlišení	0,001 mikrometrů
Maximální rychlost	$\pm 1,0$ m/s
Rozsah teploty vzduchu	0 °C až 40 °C
Hmotnost	max. 4,5 kg
Rozměry	335 × 176 × 75 mm
Napájení	nominální napětí 100 až 240 V, 50/60 Hz, aut. detekce
Laserový zdroj	Helium-neonový (HeNe) laser, (CLASSII)

Tab. 6.1 Technické parametry ML10 [8]

6.3.2 Kompenzační jednotka EC10

Používá se z důvodu zásadního vlivu okolního prostředí na interferometrická měření. Kompenzační jednotka měří a počítá s teplotou vzduchu, teplotou materiálu stroje, tlakem a okolní vlhkostí. Vypočítává index lomu pomocí Edlerovy rovnice, čímž je schopna vyvážit jakoukoliv změnu vlnové délky laseru.

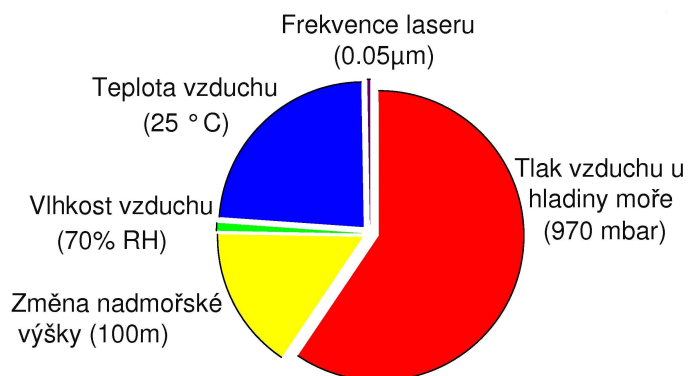
Při měření na větší vzdálenosti a tam kde se teplota často mění je kompenzační jednotka téměř nepostradatelná. Kompenzaci nastavujeme ve třech režimech: automatický (doporučeno), manuální a ruční zápis dat (prostory s regulovanou teplotou).

Přesnost kompenzace vlnové délky	$\pm 0,7$ ppm ($\mu\text{m/m}$)
Přesnost teploty vzduchu	$\pm 0,2$ °C
Rozsah teploty vzduchu	0 °C až 40 °C
Přesnost tlaku vzduchu (rozsah)	$\pm 1,0$ mbar (750 až 1150 bar)
Přesnost relativní vlhkosti (roz.)	± 15 RH (0- 95%- nekondenzující)
Přesnost teploty materiálu (roz.)	$\pm 0,1$ °C (0 °C až 40 °C)
Hmotnost	4,0 kg
Rozměry	335 × 176 × 75 mm
Napájení	100 až 240 V, 50/60 Hz, aut. detekce

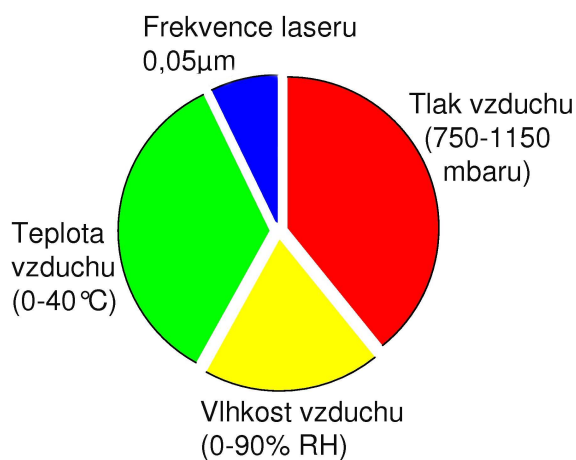
Tab. 6.2 Technické parametry EC10 [8]

Pokud je měření laserem prováděno v provozních podmínkách, tak je kompenzace podmínek prostředí mnohem důležitější než stabilita frekvence laserové hlavice. Kompenzace se zavádí pouze při měření přesnosti polohování. U jiných měření (rovinnost, přímost, úhly, atd.) nemají vlivy prostředí takovou váhu.

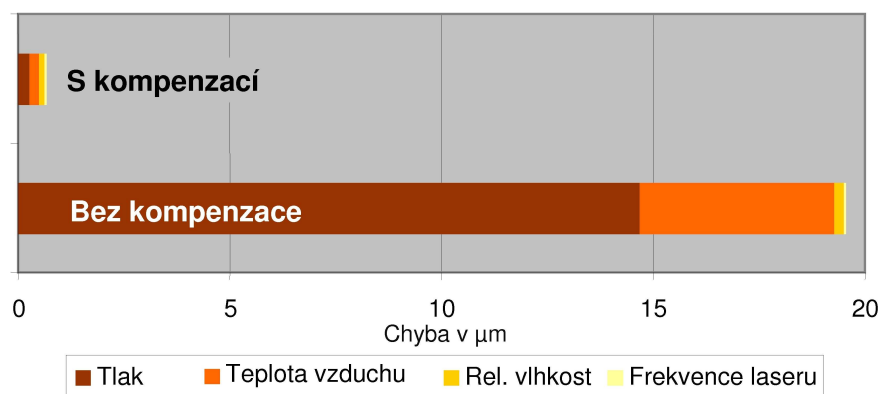
Vlivy prostředí působící na přesnost měření bez kompenzace jsou zobrazeny na obr. 6.5, bez kompenzace na obr. 6.6. Porovnání velikosti chyb s/bez kompenzace je vidět na obr. 6.7.



Obr. 6.5 Přesnost měření bez kompenzace za daných podmínek (celková chyba 20 μm) [8]



Obr. 6.6 Přesnost měření s kompenzací za daných podmínek (celková přesnost lineárního měření 0,7 μm/m) [8]



Obr. 6.7 Celkové chyby měření s/bez kompenzace [8]

6.3.3 Optika

Systém obsahuje několik druhů měřících optik, které se v některých případech musí kombinovat. Podrobněji je vše popsáno v návodu zařízení. Jde o optiky:

- optika pro lineární měření a přesnost polohování lineárních os
- optika pro měření úhlu
- optika pro měření přímocárosti
- optika pro měření rovinnosti [8]



Obr. 6.8 Druhy optik a jejich uplatnění [8]

6.3.4 Hardware

Systém vyžaduje minimální požadavky na hardware. Doporučuje se notebook minimálně s procesorem 200 Mhz, 32MB RAM paměti a operačním systémem Windows 95 [8].

6.3.5 Vyhodnocovací software ML10

Program pro ovládání měření a vyhodnocení výsledků je navržen pro maximální usnadnění používání celého systému. Pro každý druh měření je přiřazená spouštěcí ikona. Základní okno obsahuje roletové menu, ikony na liště, dále stavová okna, která dávají informace o stavu systému, stavu měření a intenzitě laserového svazku [8].

7 Kruhová interpolace

Metody zkoušek kruhové hystereze popisuje norma ISO 230-4, která se zabývá současným pohybem ve dvou osách, který vykonává kruhovou dráhu.

7.1 Základní pojmy a definice

7.1.1 Jmenovitá dráha

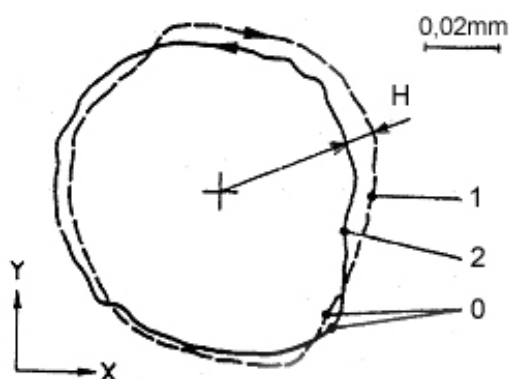
Číslicově řízená a programovaná kruhová dráha, definovaná svým průměrem (nebo poloměrem), polohou svého středu a orientací v pracovním prostoru obráběcího stroje, která může být tvořena úplnou kružnicí, nebo jen její částí alespoň v rozsahu 90° [7].

7.1.2 Skutečná dráha

Dráha vytvářená strojem při zadaném programu pohybu po jmenovité dráze [7].

7.1.3 Kruhová hystereze H

Největší radiální vzdálenost mezi dvěma skutečnými drahami, z nichž jedna vznikla při pohybu ve smyslu pohybu hodinových ručiček a druhá proti smyslu pohybu hodinových ručiček (viz obr. 7.1). Při vyhodnocování se vychází ze středu kružnice vytvořené ze dvou skutečných drah metodou nejmenších čtverců [7].



Legenda k obr. 7.1

+ střed kružnice

0 počáteční bod

1 skutečná dráha, ve smyslu pohybu ručiček

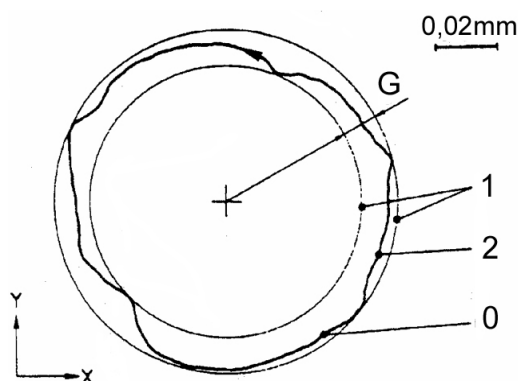
2 skutečná dráha proti smyslu pohybu

Obr. 7.1 Vyhodnocení kruhové hystereze [7]

7.1.4 Úchylka kruhovitosti G

Nejmenší radiální vzdálenost mezi dvěma soustřednými kružnicemi, obalujícími skutečnou dráhu (kružnice s nejmenší vzdáleností), jak je ukázáno na obr. 7.2. Může být

vyhodnocena jako největší radiální rozsah okolo kružnice vytvořené metodou nejmenších čtverců [7].



Obr. 7.2 Vyhodnocení úchylky kruhovitosti [7]

Legenda k obr. 7.2

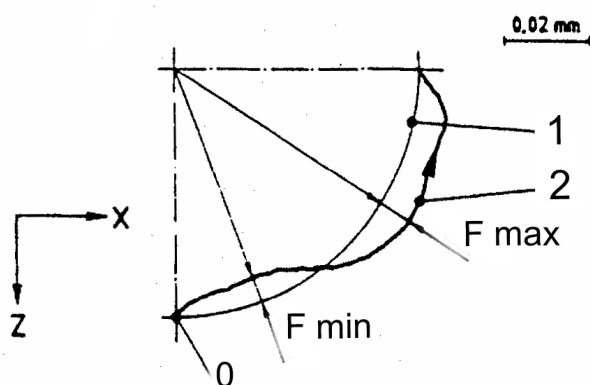
- + střed kružnice s nejmenší vzdáleností
- 0 počáteční bod
- 1 kružnice s nejmenší vzdáleností
- 2 skutečná dráha

7.1.5 Radiální úchylka F

Úchylka skutečné dráhy od dráhy jmenovité, přičemž střed dráhy jmenovité se zjistí:

- a) buď ze středění měřicího přístroje na stroji
- b) nebo ze středící analýzy nejmenších čtverců, pouze pro celou kružnici

Kladné úchylky jsou měřeny směrem od středu kružnice a záporné naopak směrem ke středu kružnice [7].



Legenda k obr. 7.3

- + střed jmenovité kružnice
- 0 počáteční bod
- 1 jmenovitá dráha
- 2 skutečná dráha

Obr. 7.3 Vyhodnocení radiální úchylky [7]

7.2 Systém QC10 Ballbar

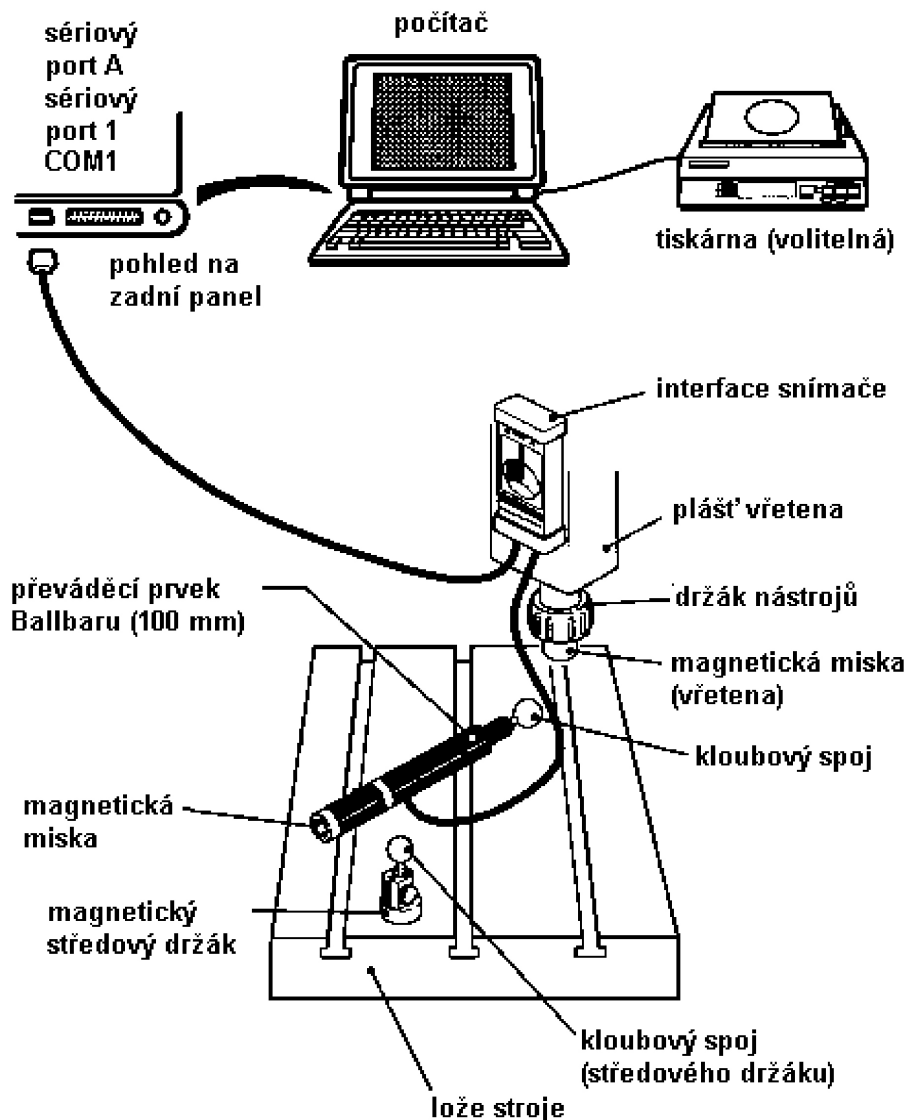
Kalibrační systém Renishaw Ballbar QC10 slouží spolu s příslušným softwarem k měření geometrických chyb u obráběcích CNC strojů a ke zjišťování nepřesností

vyvolaných vlastním řídicím systémem nebo jednotkami servoregulace. Jedná se o velmi rychlý a názorný typ testování. Právě QC10 Ballbar pracuje na principu testování odchylky kruhové interpolace. Systém vyhodnocuje data podle standardů ISO, ASME, JIS [8].

Snímací frekvence:	250 hodnot/sekundu (max.)
Nominální délka:	100 mm (mezi středy kuliček)
Rozsah:	-1,25 až +1,75 mm
Rozlišení:	0,1 μm
Rozsah měření:	± 1 mm
Přesnost převáděcího prvku:	$\pm 0,5$ μm (při 20°C) $\pm (0,8$ μm + 0,4 % hodnoty) (při 0 – 40°C)
Přesnost systému- radiální odchylka	$\pm 1,0$ μm (při 20°C)
Životnost systému	10 000 otáček při běžném použití

Tab. 7.1 Technické parametry systému QC10 [8]

7.2.1 Prvky systému QC10



Obr. 7.4 Prvky systému QC10 Ballbar [8]

Převáděcí prvek (sonda)

Sonda (obr. 7.2) je nejdůležitější součástí systému. Jedná se o velmi přesný lineární snímač, který má chod přibližně ± 1 mm. Sonda předává elektrické signály přes interface do PC, kde jsou analyzovány expertním softwarem [8].

Interface

Interface (obr.7.2) snímače je vybaven elektronickými obvody napájenými 9V baterií, které zpracovávají posunutí převáděcího prvku a pomocí sériového propojení převádějí získaná data do počítače. U poslední generace systému QC10 tato součást odpadá, jelikož snímač je vybaven bezdrátovou bluetooth technologií [8].



Obr. 7.5 Interface (vlevo) a převáděcí sonda QC10 Ballbar [8]

Kalibrátor

Kalibrátor Zerodur je vyroben z materiálu s nulovým součinitelem teplotní roztažnosti. Před prvním použitím kalibrátoru je třeba nastavit součinitel teplotní roztažnosti kalibrátoru na 0,0 ppm/stupeň a zadat jeho kalibrovanou délku [8].

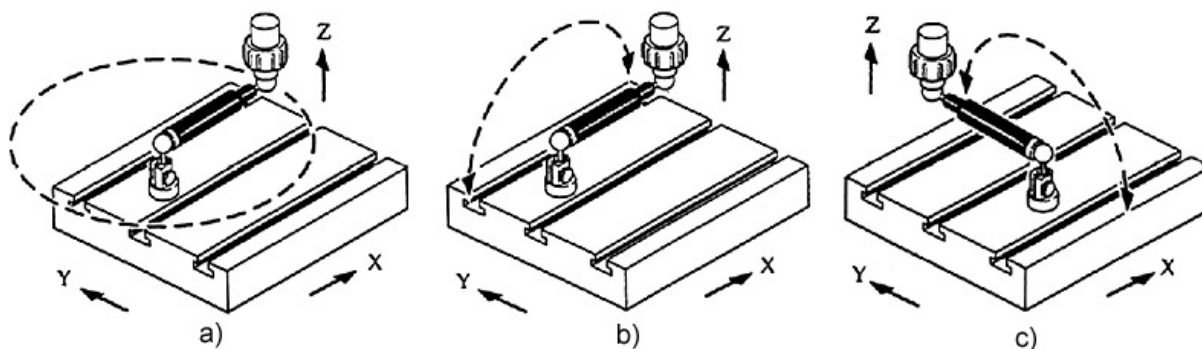
Prodlužovací nástavce

Kratší délky systému Ballbar (tj. menší poloměr opisované kružnice) jsou optimálním řešením při odhalování dynamických chyb servosystémů, zvláště ve spojení s rychlým posuvem a dynamickým snímáním dat. Delší ballbary zvyšují citlivost systému při odhalování problémů s geometrií (např. kolmost) [8].

7.2.2 Snímání dat

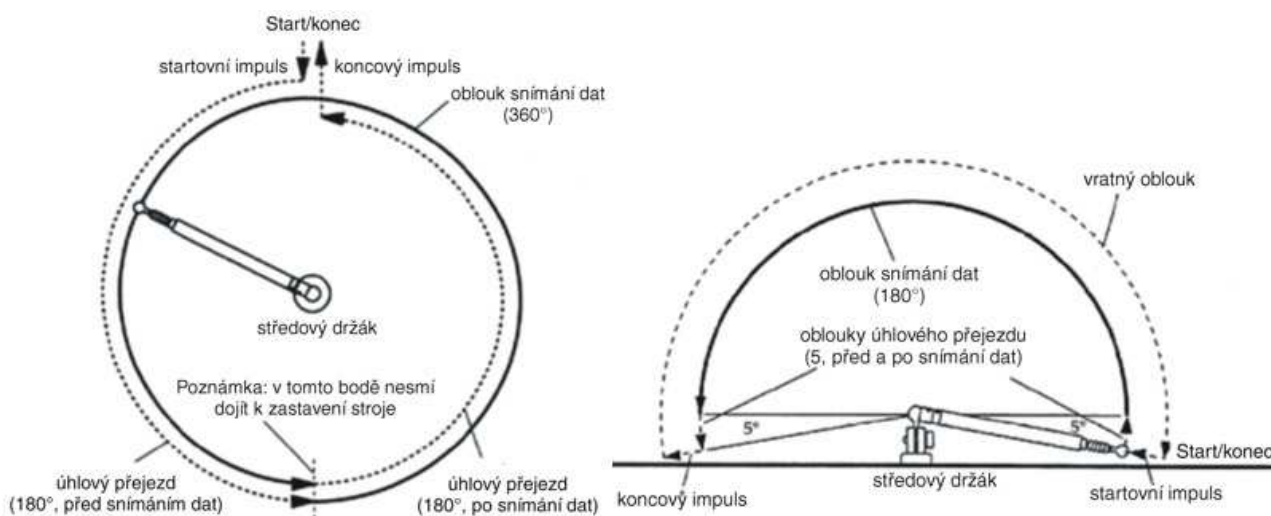
Prvně je potřeba zvolit rovinu testu. CNC stroje mají obvykle tři lineární osy značené, X, Y, Z. Ty definují tři na sebe kolmé roviny pohybu: XY, ZX a YZ (viz. obr.7.3)

- rovina XY je obvykle paralelní s ložem stroje, pokud je vřetenem svislé. Jedná se tedy o nejsnáze testovatelnou rovinu. Obvykle se zde nevyskytují žádné překážky
- rovina ZX je většinou kolmá k loži stroje. Lože se však obvykle stává překážkou. Nejjednodušším způsobem testování této roviny je provedení testu v rozsahu 180°. Je-li vřetenem vodorovné, tak platí podmínky roviny XY
- rovina YZ je obvykle kolmá k loži stroje a situace i postup jsou tudíž obdobné jako u roviny ZX



Obr.7.3 Roviny testů- a)XY, b)ZX, c)YZ [8]

Velikost oblouku snímání dat určujeme ve stupních v rozpětí 0° až 360° . Například u tříosého CNC stroje bude pro kalibraci roviny ZX nebo YZ vyhovovat oblouk 180° a pro kalibraci roviny XY oblouk 360° . Dráha, která má být při snímání dynamických dat opsána koncem převáděcího prvku je zobrazena na obr. 7.4.

Obr. 7.4 Oblouky (360° a 180°) snímání dat [8]

Poté je zapotřebí vytvořit dílčí program v řídicím systému obráběcího stroje, což je možno udělat ručně, nebo vygenerovat z programu Ballbar.

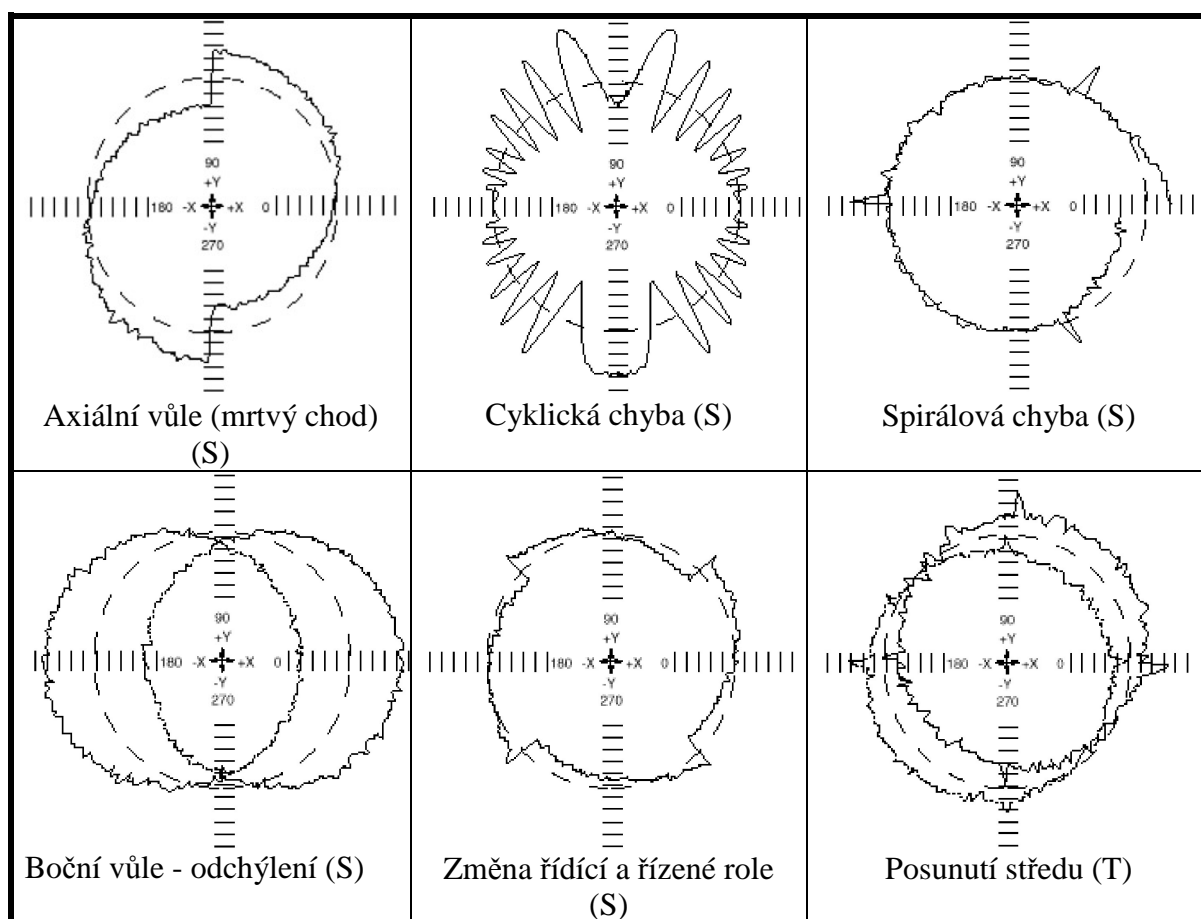
Dále upneme magnetický držák sondy (miska) do vřetene. Nyní najedeme miskou do souřadnic místa montáže středového držáku, který je upnut magnetem na loži, nebo na jiné pomocné rovině. Miska musí být vzdálena přibližně 65mm od lože, což je potřebný prostor pro středový držák. Povoláním rýhovaného kolečka středového držáku magneticky propojíme kuličku s miskou. V tomto okamžiku nadefinujeme aktuální polohu stroje jako

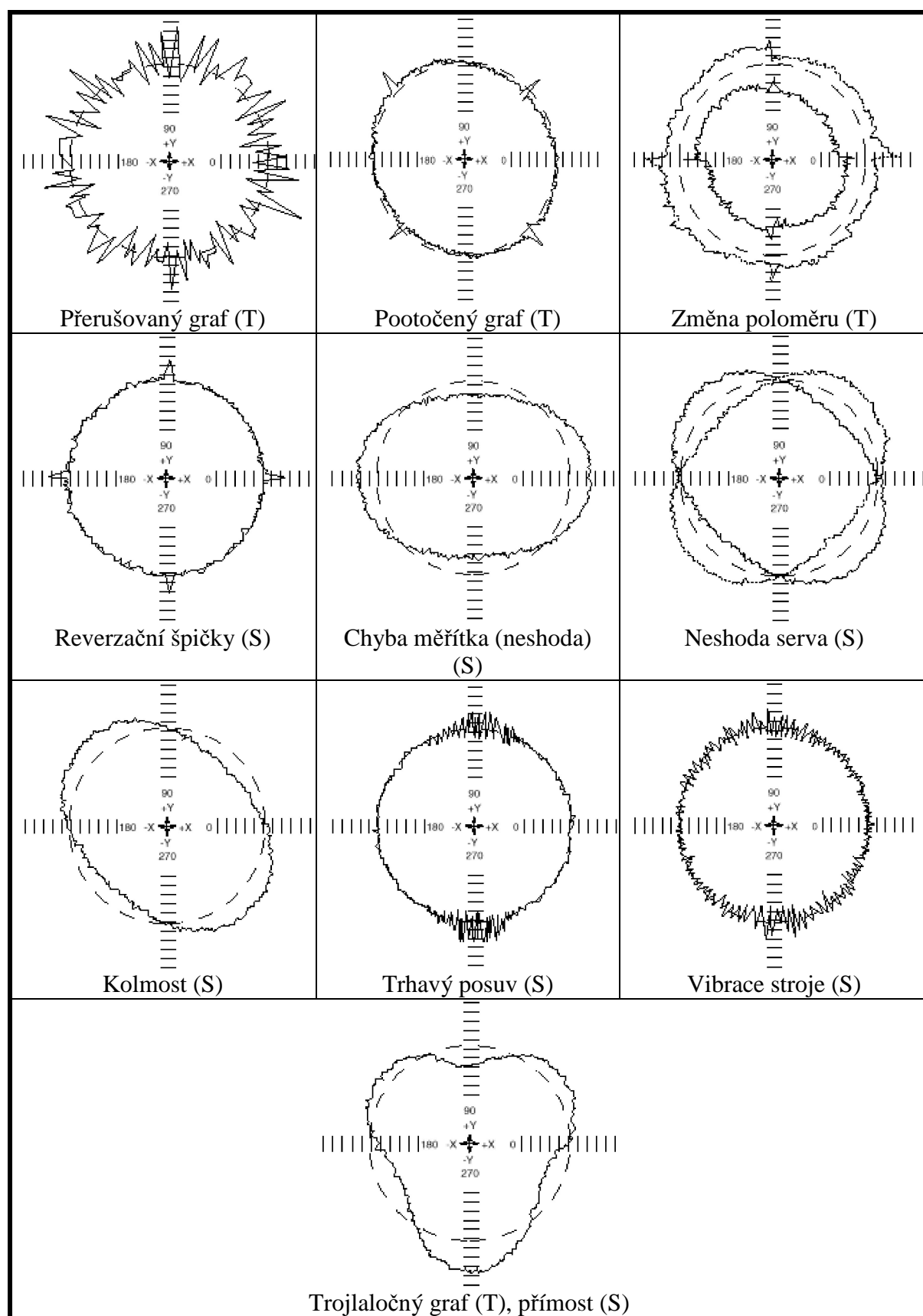
počátek souřadnic (bod nula) os stroje (X, Y a Z). Teď provedeme pohyb stroje směrem ke startovnímu bodu testu. Misku a kuličku propojíme sondou, která je již připojena přes interface k PC. Spustíme rychlý test v programu Ballbar (zadáme potřebné údaje - název a poloměr testu, typ stroje, rovina, atd.) a poté spustíme přednastavený dílčí program v systému stroje a měření je zahájeno.

V poslední fázi prohlížíme a hodnotíme výsledky v podobě grafu (procenta nebo hodnoty) nebo tabulky [8].

7.2.3 Chyby identifikované dynamickým měřením – vyhodnocování testů

Níže jsou popsány a zobrazeny charakteristické typy grafů chyb (tab. 7.2), s nimiž se můžeme při testování setkat. Písmeno S v závorce popisuje chybu stroje a písmeno T chybu testu.





Tab. 7.2 Charakteristické grafy chyb systému Ballbar [8]

Axiální vůle (mrtvý chod) (S)

Rozlišujeme zápornou (skok směrem ke středu) a kladnou (skok směrem ven) a asymetrickou. Na grafu (tab. 7.2 - axiální vůle) je zobrazen skok nebo skoky směrem ven, se začátkem na ose. Posuv stroje nemá na velikost skoku obvykle vliv.

Příčin může být několik, v pohonu osy stroje může být vůle. Ta bývá obvykle zapříčiněna pohybem volného konce kuličkového šroubu nebo opotřebenou pohybovou maticí. Ve vedení stroje může být vůle, která při změně směru pohybu stroje způsobuje prodlevu v pohybu, případně následkem nadměrného namáhání může docházet ke kroucení kuličkového šroubu.

Následkem je tvoření malých plošek na obrobku, při kruhově interpolované dráze.

Řešením je odstranění vůlí v pohonu a ve vedení stroje. To může znamenat výměnu opotřebených součástí. Můžete také využít funkci kompenzace axiální vůle v řídicím systému stroje [8].

Cyklická chyba (S)

Z grafu (tab. 7.2 – cyklická chyba) lze vypočítat výskyt cyklické sinusové chyby s proměnlivou frekvencí i amplitudou.

Příčin se nabízí hned několik, např. stoupání závitu kuličkového šroubu je nerovnoměrné, což místo rovnoměrného pohybu způsobuje cyklický pohyb osy. Odměřovací systém může být upnut excentricky. Kuličkový šroub může být uložen excentricky. Chybně namontovaný odměřovací systém (zejména při nepřímém způsobu odměřování).

Důsledkem jakéhokoli typu cyklické chyby je, že součásti obráběné strojem budou vykazovat rozměrové chyby.

Pro odstranění problému použijeme diagnostické analýzy, zobrazíme jednotlivě grafy s orientací ve směru a proti směru hodinových ručiček a zjistíme, zda je příčinou problém s kuličkovým šroubem nebo zda jde o problém vyvažování. Je-li příčinou kuličkový šroub, provedeme jeho správné ustavení, obdobně budeme postupovat při špatně namontovaném odměřovacím systému. Jestli je vadný vyvažovací mechanismus stroje, provedeme jeho seřízení [8].

Spirálová chyba (T)

Spirálový graf může mít stoupání směrem dovnitř nebo ven, takže graf selhává při napojení na počáteční nebo koncovou pozici dat.

Příčinou je obvykle teplotní změna systému Ballbar v průběhu přejezdu. Tyto teplotní výkyvy mohou u systému Ballbar způsobit změnu délky. Během přejezdu může v některém místě docházet k zachytávání kabelu ballbaru, což má za následek změnu polohy v misce. Může dojít k uvolnění středového držáku, nebo kuliček systému Ballbar, nebo k odemčení vřetena stroje a následné rotaci.

V důsledku výše popsaného jsou grafy zavádějící a nemusí být správně vyloženy. Automatické výpočty jako jsou radiální odchylka a odchylka kruhovitosti budou nesprávné.

Jestliže jsou příčinou jsou teplotní výkyvy, zjistíme přítomnost všech zdrojů tepla či náhlých průvanů, které by mohly ovlivnit test vinou změny teploty systému Ballbar. Je-li příčinou rušivý vliv kabelu, zajistíme, aby kabel v průběhu snímání dat nepřekážel v prostoru systému Ballbar ani misky, nezadržoval o stroj ani se neovíjel těsně kolem středového držáku. Případně zkontrolujeme jestli nedošlo k uvolnění jakékoli části systému Ballbar [8].

Boční vůle – odchýlení (S)

Posuv stroje nemá na grafy s boční vůlí vliv, avšak tento typ grafů je ovlivněn směrem. Budou-li zobrazena zároveň snímání ve směru i proti směru smyslu hodinových ručiček, bude jeden graf zobrazen uvnitř druhého.

Hlavní příčinou boční vůle je vůle ve vedení stroje. Tato skutečnost způsobuje při reverzaci pravoúhlý pohyb os stroje. Tímto se boční vůle odlišuje od axiální vůle (mrtvého chodu), kde se také jedná o vůli, avšak ve směru osy. Z testu kruhovitosti systémem Ballbar je patrné, že axiální vůle je radiální chybou, kdežto boční vůle je tangenciální chybou.

Při obrábění bude stroj produkovat interpolované otvory nekruhového tvaru. U stroje se projeví obecné polohovací chyby na osách, které byly boční vůlí zasaženy.

Musíme zkontrolovat, zda diagnostikovaná chyba boční vůle nebyla způsobena změnou poloměru nebo změnou vychýlení (T). Není-li problém vyřešen výše popsaným postupem pak seřídíme nebo vyměníme vedení stroje a odstraníme veškeré vůle či odchýlení [8].

Záměna řídicí a řízené role (S)

Graf vykazuje skoky po 45° . Velikost skoků narůstá se vzrůstajícím posuvem. Graf se zrcadlovým obrazem lze získat změnou směru. Skoky mohou směřovat dovnitř nebo ven.

Některé starší řídicí systémy nemají schopnost provádět složitou interpolaci u více než jedné osy najednou. U takových systémů je kruh generován pohybem jedné osy (řídicí osy) při konstantní hodnotě posuvu, zatímco u druhé osy (řízené) dochází ke změně posuvu, aby byl oblouk vygenerován. K vygenerování celého kruhu je nutné, aby si osy v úhlu 45° vyměnily role.

Důsledkem záměny řídicí a řízené role je vytváření interpolovaných kruhů s nízkou kvalitou.

Pro odstranění problému zajistíme synchronizaci snímání dat a nespustíme dílčí program do té doby, než bude software Ballbar ke snímání dat připraven. Popř. vyrovnáme servosystémy os stroje a zajistíme, aby záměna rolí byla co nejplynulejší [8].

Posunutí středu (T)

Z grafu je patrný rozdíl ve vystředění mezi stopou získanou ve směru a proti směru hodinových ručiček – stopy jsou vychýleny.

Jednou z příčin je, že mezi běhy ve směru a proti směru hodinových ručiček uplynula delší doba. Teplota testovaného stroje se během této doby zcela jistě změní a u stroje dojde ke změnám rozměrů. Nebo vřeteno stroje není zablokováno a v průběhu snímání dat se otáčí. Jinou možností je, že došlo k uvolnění středového držáku.

Jestliže byla příčinou dlouhá prodleva mezi běhy ve směru a proti směru hodinových ručiček, provedeme nové snímání dat v obou směrech bez delší prodlevy mezi měřeními. Mohlo také dojít k uvolnění některé součásti systému Ballbar, zkontrolujeme dotažení všech příslušných spojů [8].

Přerušovaný graf (T)

Na grafu jsou patrné náhodně situované špičky, přerušení a nadměrné poruchy (viz. tab. 7.2 – přerušovaný graf). Určitou hodnotu šumu lze očekávat u všech grafů.

Příčinou může být, že kabel nebo zástrčka systému Ballbar mohou být ve spoji uvolněny, což způsobuje problémy s přenosem získaných dat do softwaru. Další příčinou může být trhavý posuv stroje, nebo vysoké vibrace stroje.

Vyskytne-li se tento graf, tak bude diagnostika stroje prováděná softwarem s největší pravděpodobností, nesprávná, nebo nepřesná.

Pro vyřešení problému musíme zkontrolovat dotažení všech příslušných spojů systému. A zkontrolovat také kabel a zástrčku systému, jestli jsou dobře propojeny a zda nejsou poškozeny [8].

Pootočený graf (T)

U grafu jsou všechny reverzační rozměry osy pootočeny kolem středu grafu.

Pootočené grafy se vyskytují v situacích, kdy snímání dat softwarem Ballbar není synchronizováno s pohybem obráběcího nástroje, z něhož jsou data získávána. Příčin může být několik. Vinou nesprávného dílčího programu může u stroje dojít k zahájení snímání dat ještě předtím, než bude software Ballbar ke snímání dat připraven. Středový držák může být velmi špatně vystředěn, a to může způsobit neočekávané vychýlení systému Ballbar mimo pracovní prostor, což software vyhodnotí chybně a bude pokládat za koncový impuls.

Vygenerované grafy mají nízkou kvalitu a nejasnou orientaci, takže stanovení diagnostiky chyby je obtížné. Diagnostika je nepřesná a nesprávná.

Chybu odstraníme kontrolou dílčího programu. Musíme se také ujistit, zda dílčí program nespouštíme příliš brzy [8].

Změna poloměru (T)

Graf vykazuje značné rozdíly v poloměru při snímání ve směru a proti směru hodinových ručiček.

V době mezi snímáním ve směru a proti směru hodinových ručiček došlo ke změně teploty systému Ballbar nebo testovaného stroje. Tato teplotní změna způsobila změnu délky systému Ballbar, a tedy i rozdíl v poloměrech mezi oběma měřeními. Mohla uplynout delší doba mezi měřeními ve směru a proti směru hodinových ručiček, čímž se změnil podmínky, především teplota. V některých případech může být tento problém způsoben boční vůlí na obou osách testu. V jiném případě mohlo dojít k uvolnění systému Ballbar.

Musíme odstranit vliv změny teplot na systém Ballbar nebo na stroj, k nímž došlo mezi jednotlivými běhy měření. Stejně tak musíme zkrátit prodlevu mezi snímáním dat v obou směrech. Je dobré navíc zkontrolovat upevnění jednotlivých součástí systému [8].

Reverzační špičky (S)

Graf obsahuje krátké špičky začínající na osách. Velikost špiček se často mění v závislosti na velikosti posuvu.

Jsou vyčísleny v mikrometrech, pro každou osu (X,Y) existují dvě hodnoty, tzn. celkem čtyři.

Dochází-li k pohybu osy v jednom směru, po němž má nastat obrat a pohyb v opačném směru, může v bodu obratu namísto plynulé změny chodu dojít ke chvilkovému zastavení. Příčin je hned několik. Pohon osy vyvinul v bodě obratu nepřiměřený krouticí moment, který při změně směru třecí síly způsobil chvilkové zablokování v bodě obratu. Doba odezvy servosystému stroje je u kompenzace axiální vůle (mrtvého chodu) nepřiměřená, tzn. že ke kompenzaci axiální vůle stroje nedojde včas a během prodlevy při vymezování axiální vůle dojde k zastavení osy.

Důsledkem reverzačních špiček je, že kruhová interpolovaná dráha řezu zanechá malou plošku, za níž bude následovat zpětný krok.

Pro eliminaci použijeme kompenzaci řídicího systému stroje [8].

Chyba měřítka (S)

Graf má oválný tvar s deformací podél osy v pozici 0° nebo 90° . Osa deformace není ovlivněna směrem snímání dat. Chyba měřítka je rozdíl v naměřených drahách os během testu. Například opisuje-li stroj kruh v rovině XY, měly by se osy X a Y přesouvat přesně o stejnou vzdálenost. Jestliže tomu tak není, systém stanoví rozdíl v pohybech a chybu měřítka.

U jedné z os stroje dochází vzhledem k jiné ose k přeběhnutí nebo nedobíhavosti. Možných příčin může být celá řada. Pokud byly použity parametry kompenzace lineární chyby, je pravděpodobné, že jsou nesprávně nastaveny. V jiném případě pásek měřítka může být u osy příliš napnutý nebo naopak povolený. Další variantou je, že osa kuličkového šroubu může být chybná nebo dochází k přehřívání a následné chybě rozteče kuličkového šroubu.

Důsledkem je, že součásti obráběné strojem budou vykazovat rozměrové chyby.

Zkontrolujeme správné nastavení všech používaných hodnot kompenzace u lineární chyby, dále správné napnutí pásku měřítka osy, poté celkový stav a přímost lože [8].

Neshoda serva (S)

Graf má oválný tvar s deformací na diagonále v úhlu 45° či 135° . Osa, na níž je graf deformován, se změní, změní-li se pohyb ve směru hodinových ručiček na pohyb opačný.

Diagnostickou hodnotou je čas v milisekundách vyjadřující předbíhání jednoho serva osy stroje vůči druhému. Hodnota může být v závislosti na osách kladná i záporná.

Neshoda serva nastane v případě neshody zesílení polohové smyčky interpolujících os. Důsledkem je předstih jedné osy před druhou, což způsobuje oválný tvar grafu. Předbíhající osou je osa s vyšším zesílením.

Důsledkem neshody serva je, že interpolované kruhy jsou oválné.

K odstranění problému dojde prostřednictvím seřízení řídicího systému stroje vyrovnaním smyčkových zesílení servosystémů os. Zvýšení zesílení u osy, která se zpožďuje, nebo snížení u osy, která se předbíhá [8].

Kolmost (S)

Graf má oválný tvar s deformací na diagonále v úhlu 45° či 135° . Osa deformace zůstává stejná při orientaci ve směru i proti směru hodinových ručiček. Velikost deformace není ovlivněna posuvem.

Jednotkami kolmosti jsou $\mu\text{m}/\text{m}$. K dispozici jsou i jiné jednotky (např. úhlové vteřiny, stupně, $\mu\text{m}/\text{mm}$, atd.)

K chybě kolmosti dochází v situaci, kdy osy X a Y stroje nesvírají úhel 90° v poloze, v níž je test prováděn. Osy mohou být prohnuty místně nebo se může jednat o celkovou nevyrovnanost os stroje. Je také možné, že vedení stroje je příliš opotřeбенé a při pohybu v osách stroje vznikají určité vůle.

Důsledkem chyby kolmosti je nemožnost dosáhnout kolmosti při obrábění čelních ploch.

Je potřeba opakovat test v různých místech a zjistit, zda se chyba kolmosti projevuje místně (pouze v určité části stroje) nebo zda ovlivňuje stroj jako celek. Jedná-li se o místní chybu, je potřeba používat při obrábění čelních ploch tu oblast stroje, která je chybou kolmosti nedotčena. Pokud je chybou kolmosti ovlivněn celý stroj, tak musíme provést nové vyrovnaní os stroje. Jestliže je opotřeбенé vedení stroje, bude pravděpodobně nutné je vyměnit [8].

Trhavý posuv (S)

Na grafu jsou kolem osy zobrazeny vzrůstající poruchy. Použití pomalejších posuvů může při snímání dat způsobit rozšíření délky oblouku poruchy, avšak při vyšších hodnotách posuvu může porucha zcela vymizet. Tím se graf trhavého posuvu odlišuje od grafu vibrační stroje.

Chyba trhavého posuvu není diagnostickým softwarem vyčíslena.

Trhavý posuv je zapříčiněn blokováním u jedné z os stroje v okamžiku poklesu hodnoty posuvu pod určitou rychlost. Příčin může být několik. Pohon u dané osy má při malé rychlosti nedostatečný výkon. Pohyb v ose pak nedokáže překonat tření a důsledkem je chvilkové zablokování. Za takových okolností se projevy trhavého posuvu zhoršují při pomalejším posuvu. Další možností je, že valivé prvky ve vedení stroje jsou poškozeny a zabráňují plynulému pohybu podél os. Výsledkem je blokování pohybu v určitých místech. Příčinou může být i to, že kluzná vedení stroje mohou být příliš stará a opotřebovaná, takže se na nich film maziva při pomalých rychlostech nedokáže udržet. Nedostatek maziva pak způsobuje blokování.

Důsledkem trhavého posuvu je nízká kvalita povrchu obrobků, právě při nízkých hodnotách posuvu. Dráha řezu není plynulá, a vykazuje bodová zploštění, za nimiž následují drobné skoky, způsobené chvilkovým zablokováním a poskočením v okamžiku odblokování.

Pro odstranění je potřeba zkontrolovat, zda kluzná vedení nejsou opotřebovaná. Jsou-li značně opotřebovány musí být vyměněny. Vodicí plochy můžeme podle potřeby namazat. Je-li problém způsoben vinou nedostatečného výkonu při nízkých rychlostech, provedeme potřebné seřízení předpětí vedení a nastavení výkonu stroje. Počítáme-li s výskytem trhavého posuvu, tak je vhodné používat stroj pro obrábění nahrubo. Vyšší hodnoty posuvu s největší pravděpodobností zajistí kvalitnější povrch [8].

Trojlaločný graf (T) – přímost (S)

V celkovém zobrazení grafu jsou zřetelné tři laloky. Nejsou ovlivněny posuvem ani směrem, ale mohou se měnit podle místa, ve kterém je test na loži stroje prováděn.

Přímost je vyčíslena v mikrometrech pro každou osu (X, Y).

Chyba je způsobena nedostatečnou přímostí vedení stroje. Vedení může být v některém místě prohnuto nebo se může jednat o jeho celkovou nevyrovnanost. Příčinou může být opotřebování vedení, havárie, v jejímž důsledku došlo k poškození vedení stroje či

ztrátě souososti, nebo mohou být příčinou nedostatečné základy způsobující prohnutí celého stroje.

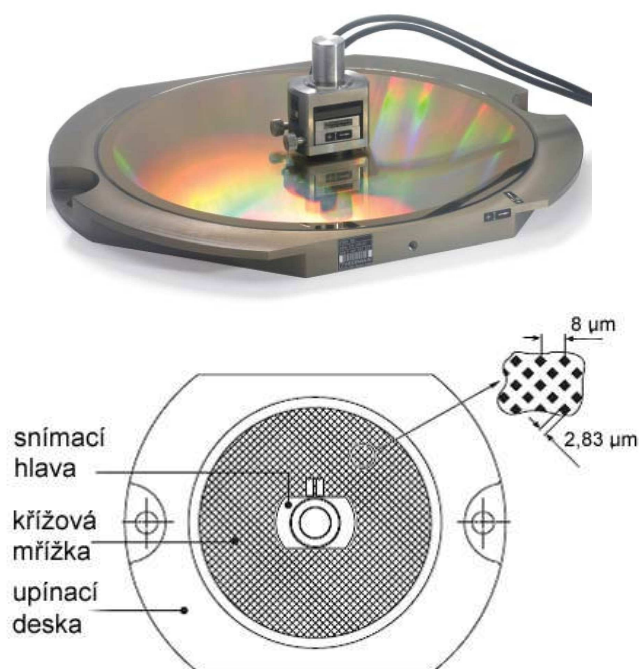
Jestliže je miska sondy znečištěná, nebo jsou spoje sondy chybně ukotveny, může se jednat o chybu testu. Potom je potřeba toto odstranit a test provést znovu. Bude-li i nadále vycházet typ grafu vypovídající o přímosti, pak se u stroje skutečně jedná o chybu přímosti. Potom nezbývá než provést potřebné seřízení, opravu nebo výměnu vedení stroje.

Dynamický i statický graf vykazují nízkou opakovatelnost. Diagnostika je nepřesná nebo nesprávná.

Zkontrolujeme dotažení všech spojů systému, případně vyčistíme misky, nebo je vyměníme za nové [8].

7.3 Mřížkové snímače Heidenhain KGM 181 (182)

Další metodou měření strojů podle standardu ISO 230-4 jsou mřížkové snímače KGM (obr.7.5), které dynamicky testují polohovou přesnost CNC řízeného obráběcího stroje. Jsou například schopny vykonat test kruhové interpolace na rádiusech od. max. 115 mm až po 1 μm při rychlostech pohybu až 80 m/min. KGM může také provést test volného tvaru ve dvou osách. Výhodou KGM je na jedné straně bezkontaktní měření, které vylučuje vlivy vůlí kuličkových spojení. Na druhé straně chyba, způsobená geometrií stroje nemá vliv na výsledky měření kruhové interpolace na velmi malých poloměrech [9].



Obr. 7.5 Systém Heidenhain KGM a princip křížové mřížky [9]

7.3.1 Způsob měření a vyhodnocení signálů

Mřížkové snímače pracují na zcela jiném principu než konkurenční systém QC10 Ballbar od firmy Renishaw. KGM je složeno z měřicí desky s křížovou mřížkou, ta je umístěná v kovové montážní desce a ze snímací hlavy. Během měření se snímací hlava pohybuje nad křížovou mřížkou bez vzájemného mechanického kontaktu. Pro měření je montážní deska upevněna místo obrobku, například na pracovní stůl obráběcího centra. Snímací hlava se upevňuje do držáku nástroje, například do vřetena obráběcího centra. Pomocí folie se nastaví vzdálenost snímací hlavy od křížové mřížky na $0,5 \pm 0,05$ mm. Jemného nastavení se dosáhne pomocí šroubů na snímací hlavě. Tím se optimalizují měřicí signály, které se zobrazují pomocí vyhodnocovacího software ACCOM na PC. Pro každou ze dvou kolmých os vytváří KGM dva sinusové signály, navzájem posunuté o 90° s periodou signálu $4 \mu\text{m}$. Tyto signály se přivádí ke zpracování do PC. Software Heidehain Accom vyhodnocuje měřené hodnoty podle standardu ISO 230-4 [9].

8 Další diagnostické metody

Mezi další metody technické diagnostiky patří vibrodiagnostika, tribodiagnostika, termodiagnostika a sledování provozních parametrů. Výše uvedené druhy diagnostiky mají významný podíl na udržování vysoké spolehlivosti strojů. V této práci se těmito metodami nebudu zabývat do hloubky, jelikož Vítkovice Heavy Machinery uváděné diagnostiky nevyužívá ve velké míře. Zmiňované typy diagnostiky VHM zadává u externích firem a aplikuje je jen na poruchových strojích.

8.1 Vibrodiagnostika

Základním cílem sledování vibrací rotujících strojů je poskytnutí informací o provozním a technickém stavu za účelem zabezpečení strategického plánování a řízení údržby. Proto je potřeba monitorovat velikost a průběh vibrací dlouhodoběji.

Musíme si uvědomit, že vibrace rotujících strojů jsou úzce vázány na dynamické namáhání stroje. Vibrace jsou zapříčiněny dynamickým namáháním stroje, vypovídají o stavu ložisek, převodovek a souvisí s nevývahou, nesouosostí, opotřebením, trhlinami v důležitých komponentech.

Pro měření je potřeba zvolit vhodný snímač vibrací, nejčastěji se používají akcelerometry (měření **zrychlení**), pro speciální měření tenzometry, snímače **rychlosti** (siesmometry) a bezdotykové sondy (měření **výchylky**). Dále zvolíme vhodný analyzátor, který je vybaven vyhodnocovacím softwarem.

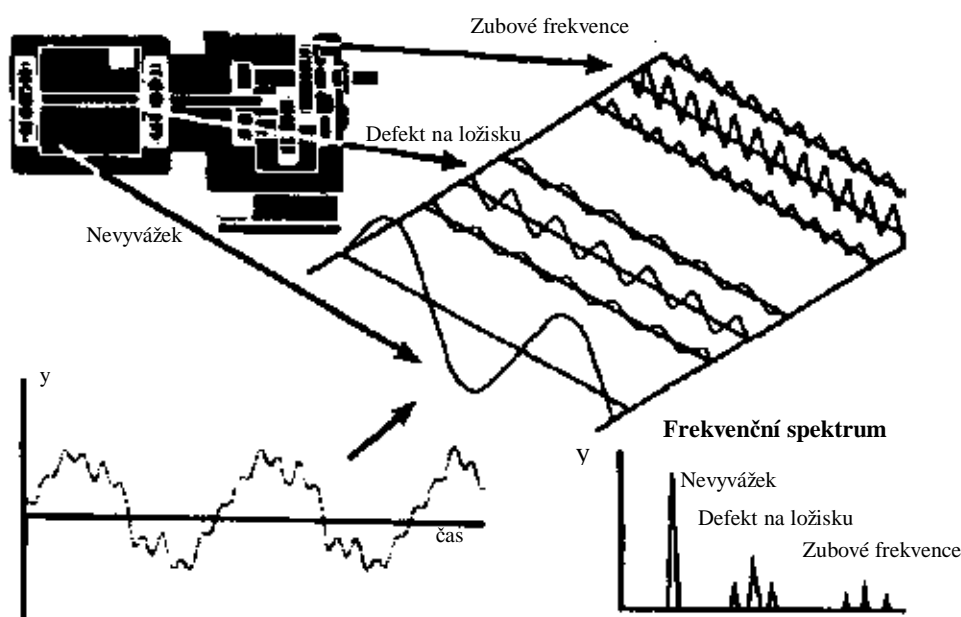
Je potřeba také zvolit směry měření a měřicí místa na stroji, ta by se měla nacházet co nejbližší ložisek a dalších důležitých míst (motor, převodovka). Je také potřeba zvolit vhodný způsob uchycení snímače (přišroubovat, nalepit, magnetem, ruční přidržení).

Pro praktické měření je nutno znát poruchové frekvence. Rozlišujeme poruchové frekvence u ozubených kol, poruchové frekvence u ložisek (porušení vnitřního/vnějšího kroužku, klece, valivých elementů).

Postupem doby je vhodné z naměřených dat sestavit časový průběh vibrací, tzv. trendování vibrací, případně vanovou křivku [1].

8.1.1 Frekvenční analýza pomocí FFT

Jako základní metodu vibrační diagnostiky používáme **frekvenční analýzu** pomocí **FFT**. Je to nejběžnější analytická metoda, která v průběhu vibračního signálu hledá periodické děje, které posléze v daném souřadném systému zobrazí. Pro FFT je důležité vybrat reprezentativní vzorek vibračního signálu, pro tento účel slouží tzv. časové okno (Hanning, Flat Top, Rectangular) [1].



Obr. 8.1 Princip FFT [1]

8.1.2 Kepstrální analýza

Kepstrální analýza je metoda, která hledá pravidelně se opakující rozdíly mezi sousedními frekvenčními čarami. Metoda je vhodná pro případy, kdy má frekvenční spektrum několik nosných frekvencí, na které jsou namodulovaná boční pásma. Vniklé kepstrum je frekvenční analýzou frekvenčního spektra a udává periodické jevy ve frekvenční oblasti modulace postranního pásma.

Analýza je především vhodná pro diagnostiku převodovek pro zjišťování stavu boků zubů ozubených soukolí a valivých ložisek [1].

8.1.3 Modální analýza

Modální analýza je matematická metoda, která rozkládá složité kmitavé procesy na dílčí, tzv. modální (vlastní) přípěvky. Slouží ke stanovení vlastních frekvencí soustavy, stanovení tlumení na těchto frekvencích a stanovení vlastních tvarů kmitů.

Při matematickém modelování probíhá rozklad nahrazením soustavy vzájemně vázaných diferenciálních rovnic, které popisují kmitavé chování uvažované konstrukce soustavou nezávislých, samostatně řešitelných diferenciálních rovnic pomocí tzv. modální transformace.

Při experimentálním vyšetřování se odměřuje odezva konstrukcí při jejich řízeném buzení ve zvolené síti bodů na povrchu konstrukce. Z odměřených údajů mezi dvojicemi bodů určujeme regresním výpočtem modální frekvence a modální tvary kmitu, uvedený postup nazýváme experimentální modální identifikace [1].

8.1.4 Orbitální analýza

Jde o vytvoření orbity, kterou tvoří dynamická složka vibrací ze dvou na sebe kolmých bezdotykových radiálních snímačů výchylky vnesená v kartézských souřadnicích. Tato orbita popisuje pohyb středu hřídele za jednu, nebo více otáček kolem statické polohy středu hřídele.

Z tvaru orbity posuzujeme směr působení radiálních sil v ložisku. Vlivem závad sousostí, a tím i vznikem radiálního předpětí se standardní eliptický tvar orbity zplošťuje, mění na banánový tvar, někdy až na tvar tzv. osmičky. Uplatnění orbity je při diagnostice přídírání, ložiskových vůlí, trhlinách a nestabilit rotoru v kluzných ložiskách, atd [1].

8.2 Tribodiagnostika

Tribodiagnostika je jednou z metod bezdemontážní diagnostiky. Mazivo se využívá jako zdroj informací o dějích a změnách jak v technických systémech, v nichž jsou maziva aplikována, tak i v samotném mazivu. Vhodná interpretace výsledků rozborů umožňuje včas upozornit na příznaky blížící se poruchy stroje a hlavně lokalizaci mechanické závady. Na TD tedy nahlížíme ze dvou rovin. První je TD opotřebení strojních systémů a

druhá je TD degradace maziva [2].

8.2.1 TD opotřebení strojních systémů

Mezi nejpoužívanější metody patří atomová spektrofotometrie (absorbční / emisní), polarografie a volumetrie, ferografie (feroskopická / ferodenzimetrická), metoda RAMO, mechanické nečistoty v %.

- *Ferografie* - je rychlou bezdemontážní metodu, která je založená na separaci kovového otěru. Nejedná se ovšem o metodu kvantitativní, jelikož se na ferogramu z celkového množství částic zachytí jen velmi malá část. Pečlivě připravené ferografické sklíčko analyzujeme pod mikroskopem. Pozorujeme různé druhy částic v pozici L (velké částice) a v pozici S (malé částice). Vyhodnocujeme přítomnost kovových (magnetických i nemagnetických) a sférických částic, jejich počet, velikost a charakter. Jednotlivé nálezy se fotograficky zdokumentují a určí se míra opotřebení.
- *Mechanické nečistoty v %* - určují se pomocí principu filtrace oleje v daném rozpouštědle podle ČSN 65 6219. Při zkoušce se vzorek rozpuštěný v xylenečkové směsi filtruje buď filtračním kelímkem, který je pokrytý souvislou vrstvou azbestu, nebo papírovým filtrem. Množství zachycených nečistot se zachytí váhově.
- *Metoda RAMO* – udává přibližné stanovení základních kovů (Fe, Cu, Pb a Al). Jedná se o extrakci otěrových kovů z upotřebeného oleje do vodní lázně.
- *Atomová spektrofotometrie* - je analytickou metodu která je založena na rozboru spektra vzorku, ze kterého lze zjistit kvalitativní i kvantitativní množství otěrových kovů.
- *Polarografie* - je založená na studiu elektrolýzy se rtuťovou elektrodou a na interpretaci měřením vzniklých křivek intenzity proudu a napětí.
- *Volumetrie* - funguje na stejném principu jako polarografie akorát pracuje se stacionární rtuťovou kapkou [2].

8.2.2 TD degradace maziva

Jde o fyzikálně – chemický proces degradace maziva, na který mají pozitivní vliv aditiva. Naopak negativně působí vysoká teplota a vniknutí vody.

Kinematická viskozita je hlavním zkušebním údajem u mazacích olejů a základem pro jejich třídění a výběr. Viskozita se během používání oleje může buďto snižovat, nebo zvyšovat. Viskozita se měří pomocí několika druhů viskozimetrů podle ČSN. Viskozimetry kapilárního typu: Cannon-Fenske, Pinkevič, Ubbelohde, Kossler, atd.

Hodnota **bodu vzplanutí** je důležitým jakostním i bezpečnostním ukazatelem. Hodnocení se provádí dle ČSN 65 6212 (podle Clevlanda) a ČSN 65 6064 (podle Marcusona). Zkouška se realizuje průběžným zapalováním ohřívaného vzorku maziva v uzavřeném, nebo otevřeném kelímku. Hodnota bodu vzplanutí je důležitá hlavně u motorových olejů.

Přítomnost vody v mazivu způsobuje korozi součástí, vypadávání aditiv, pění oleje, tvorbu emulzí zvyšování viskozity, snižování oxidační stability oleje. **Obsah vody** proto stanovujeme:

- *Vizuální zkouškou:* posuzujeme správně odebraný a dokonale protřepaný vzorek oleje. Je-li ve vzorku voda obsažena alespoň v minimální koncentraci (0,025 %) dojde k zakalení oleje. U vzorku bez vody je olej čirý. Metoda je vhodná pouze k orientačnímu posouzení obsahu vody u čerstvých olejů v provozních podmínkách.
- *Prskací zkouškou:* z dobře homogenizovaného vzorku se odebereme velmi malé množství (přibližně 2-3 kapky). Toto množství kápneme na předem vyhřátou (cca 180°C) zkušební plochu. Olej se rozptyluje do stran. Jestliže vzorek neobsahuje stopy vody, zůstává povrch skvrny stejnorodý bez vzniku jakýchkoliv bublinek. Nevýhodou je, že nelze provést kvantifikace.
- *Coulorimetrická metoda:* je velmi přesná metoda k určení stopových množství vody vypracovaná K. Fischerem a definovaná v ČSN 65 0330. V titrační nádobce se průchodem proudu uvolňuje jód J_2 , který reaguje s vodou. Jeden mol jódu reaguje s jedním molem vody, takže 1mg vody je ekvivalentní náboji 10,71A.s. Při titraci je po zreagování veškeré vody generovaným jódem indikovaná koncentrace nadbytečného jódu v nádobce.
- *Destilační zkouška:* určuje množství vody od přibližně 0,02 %, ale s menší přesností a citlivostí než u coulorimetrické metody. Provádí se destilace např. s xylenem podle ČSN 65 6062 [2].

Číslo alkality a kyselosti vypovídá o podílu chemických složek v oleji a slouží jako ukazatel jeho stárnutí. Jejich obsah je ovlivňován provozními faktory, kvalitou oleje a

jeho ošetřováním. Číslo celkové alkality **TBN** (total base number) udává alkalickou rezervu, tzn. zda olej obsahuje látky zásadité povahy a může proto neutralizovat kyseliny. Udává se v mg KOH v potřebných na neutralizaci zásaditých složek v 1g oleje. Číslo celkové kyselosti **TAN** (total acid number) udává mg KOH potřebné na neutralizaci kyselých složek v 1g oleje. Mezi základní metody patří:

- *Stanovení přítomnosti kyselin a zásad rozpustných ve vodě dle ČSN 65 6071* - metoda je založena na vytřepání kyselin a zásad rozpustných ve vodě z ropných výrobků vodou nebo vodným roztokem lihu. Hodnota pH vodního výtřepku se stanoví pH metrem nebo se stanoví jeho reakce indikátorem.
- *Stanovení čísla kyselosti* - metoda dle ČSN 65 6070 je založena na titraci kyselých sloučenin obsažených ve zkoušeném vzorku alkoholickým roztokem hydroxidu draselného na barevný indikátor. Metodou dle ČSN 65 6214 je určování čísla kyselosti pomocí potenciometrické titrace. Používá se coulometrický titrátor Coulometr WTK, který je určený pro rutinní analýzy. Souprava se skládá z elektrického přístroje, skleněné titrační nádoby pro stanovení vody a nádoby pro stanovení čísla kyselosti. Dobu i teplotu zahřívání lze automaticky naprogramovat. Jedná se o velmi přesnou metodu, která nevyžaduje přípravu základních roztoků a jejich dodatečnou kalibraci. Samotná titrace probíhá v uzavřené nádobce bez přístupu vzduchu. Jako titrační roztok slouží směs alkoholu a toluenu s přídavkem chloristanu sodného a indikátorem alkalickou modří [2].

8.3 Termodiagnostika

Termodiagnostika je metoda využívající teploty jako diagnostického parametru. Uplatnění této metody je poměrně široké, diagnostikujeme např. stav elektrických zařízení a tepelně zátěžové charakteristiky pohonů, strojů a zařízení. Termodiagnostiku rozdělujeme podle typu snímání na kontaktní a bezkontaktní.

8.3.1 Kontaktní metody termodiagnostiky

Jak už z názvu vyplývá, jedná se o měření teplot, kdy je měřící zařízení v kontaktu s měřeným tělesem.

Patří zde **dilatační teploměry** založené na principu roztažnosti látek vlivem změny teploty. Teplotní dilatace se projevuje změnou délky, objemu nebo tlaku použité látky. Nejpoužívanější jsou teploměry skleněné, kde se změna objemu kapaliny v kapiláře převádí na měření délky vodního sloupce v kapiláře.

Používají se taktéž **polovodičové teploměry**, které jsou založeny na teplotní změně odporu polovodičových keramických materiálů. Výhodami těchto čidel jsou je jednak velká změna odporu vlivem teploty a jednak malé rozměry. Zatímco výhodami jsou silná nelinearita a horší časová stálost vlastností.

Další metodou je měření **odporovými snímači**, které využívají odpor (při růstu teploty roste odpor), odpor snímače pro stanovení teploty se zjišťuje podle Ohmova zákona. Při měřicím proudu (I) je měřen úbytek napětí (U) na měřicím rezistoru (snímači).

Termočlánky využívají Seebeckova jevu, kdy je obvod tvořen dvěma vybranými kovy, ty jsou na jednom konci spojeny (v místě měření), na druhém místě (studený konec) vznikne napětí.

Mezi další metody řadíme **termistory**, což jsou polovodičové snímače teploty. Dále pak **tepelně citlivé barvy**, měnící po dosažení určité teploty zabarvení.

8.3.2 Bezkontaktní metody termodiagnostiky

Takzvané bezdotykové měření teplot využívá principu sálání tepla v oblasti infračerveného záření. Výhodou je, vysoká rychlost měření, zachycení vysokého spektra teplot, a to -50°C až 3500°C . Nevýhodou je, že se měří pouze povrchová teplota materiálů a je nutné brát v úvahu jejich emisivitu.

Nejčastěji používané jsou **pyrometry**, které dělíme podle oblasti záření na optické a infračervené, které se dále dělí na úhrnné, pásmové, poměrové a monochromatické podle šířky detekovaného spektra.

Dalším typem jsou zobrazovací bezdotykové teploměry, tzv. **termovize**. Ta se zabývá analýzou rozložení teplotního pole na povrchu tělesa. Rozlišujeme termovize s rozkladem obrazu nebo bez rozkladu.

8.4 Parametrické metody a preventivní prohlídky

Parametrické metody patří mezi nejrozšířenější, jedná se o sledování provozních parametrů. Sledujeme tlaky a teploty oleje, teplot komponent, momenty. Tyto úkony nejčastěji provádí obsluha stroje, popř. jsou kontrolovány specializovaným pracovníkem při tzv. preventivních prohlídkách nebo hrozící poruše. Při preventivních prohlídkách se většinou sledují i ostatní parametry stroje jako jsou stav filtrů, stav krytů a zábradlí, úniky olejů, kontrola upínacích systémů, kontrola stavu vodících ploch, vůlí, napnutí řetězů a řemenů. Nesmíme také opomenout preventivní prohlídky elektro zařízení.

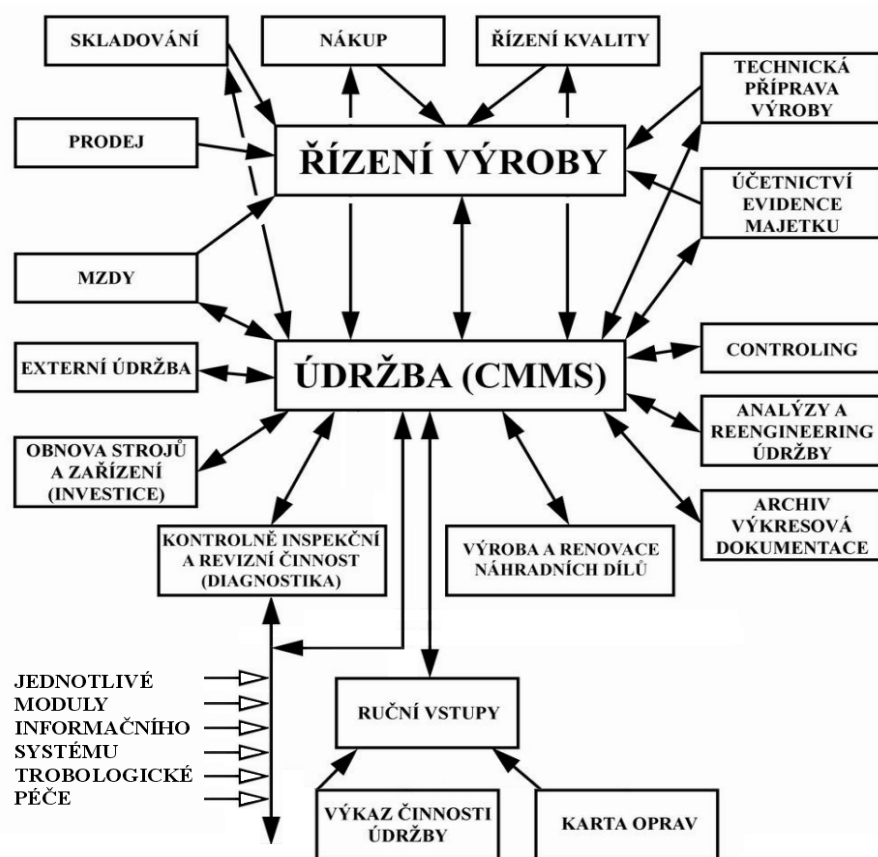
9 Informační technologie v údržbě

Řízení údržby a vůbec celého podniku je velmi složitý proces, proto se rozvíjí nové informační technologie (IT). Základním cílem IT v údržbě je zvýšení efektivnosti všech činností v údržbě, zvýšený podíl preventivní péče a zamezení pohavarjnému servisu. Velkou předností je informovanost o nákupu náhradních dílů (ND), a tím snížení jejich stavu na skladech a snížení cestovních nákladů údržby. Dalším benefitem je vyhledávání nejvýhodnějších disponibilních zdrojů (lidé, dodavatelé, náhradní zařízení, díly, nástroje atd.). Z výše uvedeného plynou další výhody jako jsou zrychlení reakční doby, snížení ztrát výroby, eliminace fatálních chyb atd.

V dnešní době rozlišujeme následující informační systémy k řízení údržby a správě hmotného majetku:

- **CMMS** (Computerized Maintenance Management Systems – Počítačový systém řízení údržby)
- **CAMS** (Computer Aided Maintenance Systems – Počítačově podporované systémy řízení údržby)
- **EAM** systems (Enterprise Asset Management Systems – Systémy pro správu podnikového hmotného majetku)

Podstata systému údržby je ve vytvoření relativně uzavřeného systému řízení údržby, který je kompatibilním se systémem řízení výroby (obr. 9.1)



Obr. 9.1 Základní schéma řízení výroby a systému údržby [3]

9.1 Použití IT ve Vítkovice Heavy Machinery a.s.

Vítkovice Heavy Machinery a.s. využívá od 1.1.2009 služeb informačního systému **Helios Green** (HeG). Je to technologicky vespělý informační a ekonomický systém zefektivňující všechny běžné i vysoce specializované firemní procesy. Řadí se mezi tzv. ERP (Enterprise Resource Planning) informační systémy. Poskytuje nám dokonalý a aktuální přehled o situaci na trhu i uvnitř podniku, automatizaci rutinních operací, zefektivňování provozu, snižování nákladů a účinnou komunikaci.

Systém se skládá z mnoha modulů (obr. 9.2). Uživatelé HeG, mají přiřazeny pravomoci dle svého oddělení a pracovní pozice. Dělí se na uživatele, klíčové uživatele, master uživatele, ředitele, správce atd.



Obr. 9.2 Moduly IS HeG

Jako ukázkový případ využití HeG uvádím (obr. 9.3) seznam poruch na daném strojním zařízení. Obsluha stroje nebo technik preventivní prohlídky nahlásí do HeG poruchu na stroji, kterou popíše a uvede její prioritu. Strojní mistr z Vítkovice Mechanika tuto zaevidovanou zakázku obdrží k řešení (řídí údržbu). Vytvoří výrobní příkaz (obr. 9.4), tzn. pověří osoby k odstranění problému, zapisuje průběh zakázky, zadává poptávky a objednávky. Komunikuje se skladem (modul sklad), zapisuje pracovní doby a mzdy pracovníků (modul mzdy, dále banka) atd.

Helios Green - Mechanika_ostra - Smetana Miloslav

helios 2010 Mechanika_ostra

Zadání Poruch

Záznam Základní operace Vztahy

Zadání Poruch 1 - 35 / 79

Číslo por.	Název stroje	Text hlášení	Priorita	Datum vz.	Stav	Stav str.	Mistr	Ostatním	Typ požadavk
0000751	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F/3 - zkontrolovat geometrii p. Lasák - hotovo	Vysoká	12.01.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0002571	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 nejede, Kita - přerušuje potenciometr - není.	Vysoká	01.02.2009	Ukonče...	Jede o..	Bilik Lub.		Porucha elek..
0003025	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 opravit chlazení - Peprniček	Běžná	05.02.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0003082	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 - Chvěje se vřeteník při posuvu p. Drahanský	Vysoká	06.02.2009	Ukonče...	Jede o..	Smetana		Porucha stroj..
0003936	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	f3 chyba filtru hydrostatiky, p. Peprnice	Vysoká	16.02.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0004429	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 dotáhnout klíny na vřeteníku - Zdranský	Vysoká	22.02.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0005123	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	hotovo	Vysoká	03.03.2009	Ukonče...	Jede	Bilik Lub.		Porucha elek..
0006997	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F-nejede třasák (Šplichal)	Běžná	25.03.2009	Ukonče...	Jede	Bilik Lub.	Smetana	Porucha elek..
0007213	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F-3 nemaže vřeteník p. Peprniček	Vysoká	28.03.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0007644	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F/3 - výměna rolety (vřeteník) - p. Drahanský	Běžná	03.04.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0008255	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F/3 - mazání vřeteníku - p. Peprniček	Běžná	11.04.2009	Ukonče...	Jede	Smetana	Bilik Lub.	Porucha stroj..
0008265	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3-Nejede zásuvka na pomoc jeřábek p. Šplichal	Běžná	11.04.2009	Ukonče...	Jede	Bilik Lub.		Porucha elek..
0008288	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3- nejde nahodit, p. Lasák	Nejvyšší	14.04.2009	Ukonče...	Jede	Bilik Lub.	Smetana	Porucha elek..
0009144	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	3h vypadnutý klín p. Kyta	Vysoká	24.04.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0009587	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 oprava držáku na vodu a oprava mazání, K.	Vysoká	04.05.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0009831	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3-vynechává potenciometr (Šplichal)	Běžná	07.05.2009	Ukonče...	Jede	Bilik Lub.		Porucha elek..
0010307	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 - vyměnit filtry, p. Drahanský	Vysoká	14.05.2009	Ukonče...	Jede o..	Smetana		Porucha stroj..
0010419	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F-3 únik oleje zpod lože p. Lasák	Vysoká	18.05.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0010616	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 - trhavý pohyb v ose X, p. Lasák	Vysoká	20.05.2009	Ukonče...	Jede o..	Smetana	Bilik Lub.	Porucha stroj..
0010702	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3-při chodu poskakuje celý stroj (Šplichal)	Vysoká	20.05.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0010776	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 - dotáhnout klíny, p. Šplichal hotovo	Vysoká	21.05.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0010881	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3-výměna filtru a kontrola hydrostatiky (Kita)	Běžná	23.05.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0011554	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 - nefunguje software, p. Šplichal Ztráta kore...	Vysoká	03.06.2009	Ukonče...	Jede o..	Bilik Lub.	Smetana	Porucha elek..
0012590	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F-3 nízký tlak v převodovce p. Peprnič...	Vysoká	21.06.2009	Ukonče...	Jede	Bilik Lub.		Porucha elek..
0012591	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 nejde chlad. kapalina a výměna koncovy...	Vysoká	21.06.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0013012	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	5355 F 1 / celý stroj skáče v ose X p. Lasák	Nejvyšší	26.06.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0013090	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 kontrolu geometrie pínily, EMU, Lasák	Vysoká	29.06.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0013736	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F/3 - rozjeté teleskopy - p. Drahanský hotovo	Běžná	08.07.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0014193	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	kompence vůle v ose "Z" inf. m. Smetana	Vysoká	16.07.2009	Ukonče...	Jede	Smetana	Bilik Lub.	Porucha elek..
0014732	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 - přehřáté čerpadlo na vřetení, stroj je v poh.	Běžná	26.07.2009	Ukonče...	Jede	Smetana	Bilik Lub.	Porucha stroj..
0015327	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3- Pískají upínacíky od vřeteníku p. Drahanský	Vysoká	05.08.2009	Ukonče...	Jede	Smetana	Bilik Lub.	Porucha stroj..
0015443	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 dotáhnout klíny na vřeteníku - Šplichal hoto...	Vysoká	08.08.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0015462	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	F3 chvěje se stojan + vřeteník - Šplichal	Vysoká	10.08.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..
0015527	5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150	výměna vřetene dílna inf. m. Smetana poruch...	Běžná	11.08.2009	Ukonče...	Jede	Smetana		Porucha stroj..

Třídění: Datum vzniku Označeno: 1 Šablona: Přehled poruch Filtr: Přehled vzniklých poruch v daném období

42.29.10 Mechanika_ostra (Lipán, Mechanika_ostra) Smetana Miloslav 2010

Obr. 9.3 Seznam a popis poruch na vyvrtávačce typu W200H

770 Výrobní příkazy bez VD: F3 - trhavý pohyb v ose X, p.Lasák

Edítace Vztahy Funkce

Stav: Uzavřený

Datum dokumentace: 20.05.2009 06:37 Datum zahájení plán: 20.05.2009 06:36

Datum ukončení plán: 20.05.2009 06:38 Datum poslední rekalkulace NV: 31.07.2009 23:59

Reference subjektu: 7700004539NVD F3 - trhavý pohyb v ose X, p.Lasák

Dílec: 0615338-370-12 5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150

Zdroj: 0615338-370-12 5355 VYVRTAVACKA W200H/NR4150

Varianta:

Zakázka: 094600379 Poruchová údržba v NS 370

Hmotnost[kg]:

Plocha: m2

T modifikace: 0615338-370-12-770 Kód postupu: 770

Aktivita: 0000010807DP F3 - trhavý pohyb v ose X, p.Lasák

Sklad pro odvedení: 70V Sklad 770 Výrobek

Umístění:

Kmenový útvar: 770 Strojírenský servis

Měrná jednotka: ks ks

Požadováno: 1 Zadáno: 1

Realizováno: 1 Původní množství: 1

Vyřazeno celkem: 0 Kuskladnění: 0

Průběžná doba VP [hod]: 0,033333 Min. průběžná doba VP: 0

Tisková verze: 1 Verze:

Datum tisku: Datum vzniku: 20.05.2009 06:37

Datum poslední změny: 10.08.2009 15:58 Poslední změna dokumentace: 20.05.2009 14:09

Uvolnil: Karásek Petr 20.05.2009 10:29

Ukončil: Matejková Šárka 09.06.2009 19:27

Uzavřel: Matejková Šárka 10.08.2009 15:58

Podkladový VP:

Způsobitel:

Referenční číslo OP:

Poznámka: F3 - trhavý pohyb v ose X, p.Lasák

Obr. 9.4 Příklad výrobního příkazu strojního mistra Vítkovice Mechanika

10 Kontrola přesnosti vyvrtávačky W200HB NC

10.1 Popis stroje

Vodorovná vyvrtávačka (ev. č.4587) typu ŠKODA je určena pro opracování těžkých strojních dílů. Používá se pro frézování, vyvrtávání, vrtání, řezání závitů apod. Obrobky se upínají buď na samostatnou upínací desku, nebo na otočný stůl, který byl dodán jako speciální příslušenství.

Stroj byl v nedávné době modernizován, je vybaven souvislým řídicím NC systémem Hindenhain iTNC530 a odměřovacími pravítky Heidenhain, což dává předpoklad pro maximální přesnost obrábění a maximální technologické a časové využití.

Otočný stůl SEA 60 o nosnosti 60 tun slouží pro rozšíření technologických možností vodorovné vyvrtávačky. Použití otočného stolu přináší zkrácení vedlejších časů při manipulaci s obrobkem, neboť umožňuje obrábění obrobku ze čtyř, případně i z pěti stran. Odpadá tedy valná část časů potřebných pro upínání a ustavování obrobku pro opracování další polohy.

10.2 Měření systémem ML 10 Gold Standard

Cílem měření bylo zjistit přesnosti nastavení polohy a přímosti na W200HB NC provedené laserovým zařízením ML 10 Gold standard, za použití vhodných měřících metod v souladu s platnými ČSN ISO normami. Měření podává informace o přesnosti vzájemné polohy relativních pohybů mezi nástrojem a obrobkem. Stroj i měřicí přístroj byly dostatečně chráněny před průvanem a vyzařováním tepelných zdrojů. Měření byla provedena dne 16.11.2009 při odstávce stroje, za ustálených teplotních podmínek na nezatíženém stroji použitím těchto součástí ML10:

Laserová hlavice - RENISHAW® ML10, SN: H33423

Kompenzační jednotka vlivu prostředí - RENISHAW® EC10, SN: H33524

Optika pro lineární měření - RENISHAW®, SN: LS 21.1

Optika pro úhломěrné měření - RENISHAW®, SN: H32172

USB interface - RENISHAW® DX10, SN: 2L7714

Kalibrační software - RENISHAW® LASER 10

10.2.1 Měření nastavení přesnosti polohy

Měření v ose X bylo provádělo na délce 14m s krokem měření 200mm v souladu s normou ČSN ISO 230-2. Graf přílohy č.3 udává opakovatelnost polohy (OP) v ose X před zadáním korekčních dat. Z grafu přílohy č.4 můžeme vypočítat výrazně lepší přesnost OP v ose X, protože toto měření bylo provedeno po zadání korekční tabulky do řídicího systému stroje. Výsledky měření lze také číst z tabulky naměřených dat.

Měření bylo provedeno stejným způsobem i v dalších osách (Y,Z,V,W) s obdobnou úspěšností jako v ose X.

Výsledky parametrů ve všech osách jsou uvedeny v tabulce v příloze č.7. Parametry byly vypočteny v programu Microsoft Excel a bylo postupováno dle ČSN 230-2.

10.2.2 Měření přímosti pohybu

Dále jsme měřili přímosti pohybu v jednotlivých osách a rovinách (horizontálně i vertikálně). Jako příklad uvádím graf v příloze č.8, který vypovídá o přímosti pohybu v ose X - rovina XY. Poté jsme stejným způsobem měřili osu X – rovina ZX, resp. Z-ZX, Z-ZY, W-WX, W-WY, V-VX, V-VY.

Příloha č.9 zobrazuje výsledky přímosti pohybu ve všech osách. Nevyhovující hodnota přímosti pohybu v X - XY byla dodatečně korigována, a to na celé délce otočného stolu v hodnotě 0,04/4200 za přítomnosti technického zástupce provozu.

10.3 Měření systémem QC 10

Cílem měření bylo zjištění kruhové hystereze, úchylky kruhovitosti a radiální úchylky kruhové dráhy přesnosti obráběcího stroje W200HB NC porovnáním přesnosti skutečné kruhové dráhy, která je tvořena současným pohybem ve dvou lineárních osách oproti jmenovité dráze v rovinách. Měření bylo provedeno systémem QC10 Ballbar RENISHAW, SN: H32026 a byly použity ramena délky 150mm a 300mm. Měření probíhalo dne 2.2.2009, poté v listopadu a prosinci a nakonec 14.1.2010 a to vždy na nezatíženém stroji a to v rovinách XY, YZ a ZX. Výsledky a analýza měření odpovídají standardu ČSN ISO 230 – 4.

Níže uvádím pouze měření v rovině XY. Hodnoty kruhovitosti a kruhové hystereze pro zbylé roviny viz. příloha č.15.

10.3.1 Hodnocení kruhovitosti

Z grafů kruhovitosti ze dne 2.2.2009 pro rovinu XY (příloha č.10) lze vypožorovat, že největší podíl na celkové nepřesnosti kruhové dráhy mají reverzační špičky, což je vlastně zpoždění serva, a to v obou směrech X a Y. Dalším zdrojem nepřesností je také

neshoda serva, na což upozorňuje oválný tvar grafů s deformacemi na diagonálách v úhlu 45° resp. 135° pro opačný směr měření. Pro kladný i záporný směr otáčení lze sledovat, že osa X předbíhá a osa Y se zpožďuje. Význam každé z chyb je uveden v příloze č.12.

Z měření kruhovitosti ze dne 14.1.2010 je vidět obdobný problém jako z minulého měření - reverzační špičky, ovšem s podstatně nižší velikostí. Další chyby byly téměř zanedbatelné (viz váha chyby v procentech, dle přílohy č.14).

10.3.2 Hodnocení kruhové hystereze

Po měření ze dne 2.2.2009 nám program systému QC10 automaticky vypočítal kruhovou hysterezi (viz. příloha č.11) v rovině XY. V grafu vidíme, že největší radiální vzdálenost mezi oběma drahami je v pozici 86° od kladné osy X proti smyslu směru hodinových ručiček, a dosahuje hodnoty $100,5\mu\text{m}$.

Hodnota kruhové hystereze měřené dne 14.1.2010 (viz. příloha č.13) dosahuje na obdobné pozici téměř poloviční hodnoty.

10.3.2 Hodnocení radiální úchylky

Měření radiální úchylky nebylo prováděno.

11 Vyhodnocení a doporučení

11.1 Technické zhodnocení

Z hlediska měření systémem ML10 Gold Standard se doporučuje provoz. Po provedených korekcích v řídicím systému obráběcího stroje se nachází uvedené přesnosti, kromě osy X, v přípustných hodnotách. Při posuzování míry přípustnosti naměřených hodnot byly akceptovány nároky samotné obsluhy. Nepřesnosti naměřené v ose X byly rovněž kompenzovány. Bylo zapotřebí mechanicky odstranit parazitní vůle detekované při reverzních chodech. Při samotném měření bylo zjištěno, že při přejezdech zdvihacích

zařízení (jeřábů) docházelo k ovlivnění samotného měření a tudíž i eventuální nepřesnosti obrábění.

Měření systémem QC10 ze dne 2.2.2009 vypovídalo o špatné přesnosti stroje, poukazovalo na neustálý mechanický problém v ose X (dominantní chyba neshoda serva). Stále se projevující axiální vůle vysoké hodnoty se nedala korigovat systémovými parametry. Větší stabilitu při obrábění jsme docílili přepnutím z lineárního přímého odměřování na odměřování nepřímé z motoru. Problém axiální vůle se nakonec vyřešil záměnou převodové skříně pojezdu v ose X za zcela novou, čímž došlo ke snížení axiální vůle, tedy lepší přesnosti (viz. měření ze dne 14.1.2010) a dále k minimalizaci korekčních parametrů. Stroj tedy z hlediska měření systémem QC10 pro požadovanou přesnost výroby vyhovuje.

V rámci preventivní prohlídky byly učiněny kontroly strojních celků, provozních parametrů a elektro zařízení. Drobné závady byly ihned odstraněny a výsledkem prohlídky je doporučený provoz.

11.2 Hodnocení spolehlivosti

Vysoká provozní spolehlivost vyvrtávačky je především dána vyprojektovanou spolehlivostí stroje. Jelikož doba záběhu stroje již pominula, lze předpokládat, že doba plného provozu bude narušována pouze nahodilými výpadky.

Nedílnou součástí dobré provozní spolehlivosti (PS) stroje je jeho kvalifikovaná a dobře proškolená obsluha.

Na stroji je v pravidelných intervalech prováděna údržba, která má taktéž velký podíl na malé poruchovosti.

Další vliv na vysokou PS mají preventivní prohlídky prováděné vysoce kvalifikovanými pracovníky. Prohlídky obnášejí kontroly elektro zařízení, strojních celků, parametrů stroje, opotřebení stroje a měření geometrie.

Zavedení dalších druhů diagnostiky jako jsou vibrodiagnostika, tribodiagnostika atd., nabízejí další prostor pro zvýšení PS.

11.3 Ekonomické zhodnocení

Ekonomický přínos měření přesnosti systémy ML10 Gold Standard a Ballbar QC10 a preventivních prohlídek strojů ve společnosti VHM je nezpochybnitelný. Sledováním

trendu vývoje nepřesností na W200HB NC lze výrazně snížit náklady na opravy chybně provedených operací na obrobku (odstraňování neshod) a náklady vzniklé nečekaným odstavením stroje. Dají se plánovat opravy a seřízení stroje na vhodné termíny, z toho plyne optimalizace plánování údržby (objednávky náhradních dílů, určení personálu a rozsahu prováděných prací). V případě potřeby nižší výrobní přesnosti kladené zákazníkem je možno výrobu přenést na stroj s nižší výrobní přesností, v našem případě např. na W200HC s nepřímým odměřováním.

Uvedením protokolů o přesnosti stroje a výrobní přesnosti podle mezinárodních standardů přispívá k vytvoření pozitivního obrazu o kvalitě a schopnostech VHM v očích zákazníků a obchodních partnerů.

12 Závěr

V diplomové práci jsem uvedl různé metody a měřicí zařízení určené pro kontrolu přesnosti NC a CNC strojů. V praktické části práce se zabývám aplikací těchto metod na vodorovné vyvrtávače W200HB NC společnosti Vítkovice Heavy Machinery a.s. Konkrétně jde o měřicí systémy firmy Renishaw.

Pro ještě větší spolehlivost strojového parku bych navrhoval zavedení vibrodiagnostiky, tribodiagnostiky, a v některých případech termodiagnostiky prováděné z vlastních zdrojů. Měření by probíhala v pravidelných intervalech, aby byl dobře patrný trend měřených veličin.

Společnost VHM dosahuje kombinací výše uvedených metod vysoké jakosti výrobků, a také malé poruchovosti CNC strojů. Z vyhodnocení je patrné, že tyto moderní systémy jsou ve společnosti takového formátu jako je VHM nepostradatelné a dokáží společnosti ušetřit nemalé finanční prostředky.

13 Použité zdroje a literatura

- [1] HELEBRANT, F.; ZIEGLER, J. *Technická diagnostika a spolehlivost-II: Vibrodiagnostika*. Ostrava, 2005, dotisk 1. vydání: VŠB-TU Ostrava, 2005. 178 s. ISBN 80-248-0650-9.
- [2] HELEBRANT, F.; ZIEGLER, J.; MARASOVÁ, D. *Technická diagnostika a spolehlivost-I: Tribodiagnostika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 158 s. ISBN 80-7078-883-6.
- [3] HELEBRANT, F. *Technická diagnostika a spolehlivost-IV: Provoz a údržba strojů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 130 s. ISBN 978-80-248-1690-6.
- [4] BRYCHTA, J. *Výrobní stroje obráběcí*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2003. 150 s. ISBN 80-248-0237-6.
- [5] ERAZIM, K. *Kontrola přesnosti obráběcích strojů*. Praha: SNTL, 1961. 227 s.
- [6] Normy ISO 230 : 1 až 7. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- [7] *International Organization for Standardization* [online]. 2010 [cit. 2010-03-23]. Dostupné z WWW: <www.iso.org>.
- [8] *Renishaw* [online]. 2010 [cit. 2010-02-20]. Dostupné z WWW: <www.renishaw.cz>. a software Renishaw
- [9] *Heidenhain* [online]. 2010 [cit. 2010-03-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.heidenhain.cz/>>.
- [10] *Vítkovice Machinery Group* [online]. 2010 [cit. 2010-02-15]. Dostupné z WWW: <www.vitkovice.cz>.
- [11] *Technický týdeník : Akademie CNC obrábění* [online]. 2010 [cit. 2010-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=1>>.

14 Seznam příloh

Příloha č.1 Technické parametry W200HB NC

Příloha č.2 Vyvrtávačka W200HB NC

Příloha č.3 Měření přesnosti nastavení polohy v ose X na W200HBNC, graf před zadáním kompenzačních hodnot

Příloha č.4 Měření přesnosti nastavení polohy v ose X na W200HBNC, graf po zadání kompenzačních hodnot

Příloha č.5 Tabulka parametrů měření lineárních os

Příloha č.6 Graf znázorňující přesnost a opakovatelnost nastavení polohy se zobrazením chyb

Příloha č.7 Tabulka parametrů měření přesnosti nastavení polohy lineárních os

Příloha č.8 Graf naměřených hodnot přímosti pohybu v ose X- rovina XY

Příloha č.9 Tabulka parametrů měření přímosti pohybu lineárních os

Příloha č.10 Grafy kruhovitosti roviny xy provedené v obou směrech systémem QC10 Ballbar dne 2.2.2010

Příloha č.11 Graf a hodnoty kruhové hystereze v rovině xy ze dne 2.2.2009

Příloha č.12 Diagnostická tabulka systému QC10 pro rovinu xy ze dne 2.2.2009

Příloha č.13 Graf a hodnoty kruhové hystereze v rovině xy ze dne 14.1.2010

Příloha č.14 Diagnostická tabulka systému QC10 pro rovinu xy ze dne 14.1.2010

Příloha č.15 Dosažené přesnosti kruhové interpolace ve všech rovinách k 2.2.2009 a 14.1.2010